



# NÁVRH ELEKTROINSTALACE NA JEDNOTCE INTENZÍVNÍ PÉČE

## Bakalářská práce

*Studijní program:* B3944 – Biomedicínská technika  
*Studijní obor:* 3901R032 – Biomedicínská technika  
*Autor práce:* **Jakub Kašpar**  
*Vedoucí práce:* Ing. Jiří Kubín, Ph.D.





# THE ELECTRICAL INSTALLATION CONCEPT OF ICU

## Bachelor thesis

*Study programme:* B3944 – Biomedical Technology  
*Study branch:* 3901R032 – Biomedical Technology  
*Author:* **Jakub Kašpar**  
*Supervisor:* Ing. Jiří Kubín, Ph.D.



## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jakub Kašpar**  
Osobní číslo: **Z12000129**  
Studijní program: **B3944 Biomedicínská technika**  
Studijní obor: **Biomedicínská technika**  
Název tématu: **Návrh elektroinstalace na jednotce intenzivní péče**  
Zadávací katedra: **Ústav zdravotnických studií**

### Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Cíle práce:

1. Seznámit se s platnou legislativou související s elektroinstalací v nemocničních prostorech v ČR v návaznosti na normy Evropské unie.
2. Popsat podmínky provozu, vnější vlivy, dimenzování, ukládání a jištění vodičů.
3. Vytvořit návrh elektroinstalace JIP včetně technické dokumentace.
4. Zhodnotit výsledky práce a vytvořit závěrečnou technickou zprávu.

Teoretická východiska (včetně výstupu z BP):

Cílem práce je provést studii elektroinstalace JIP, zahrnující platnou legislativu ČR a normy Evropské unie. A to včetně podmínek pro provoz, ochranu proti působení vnějších vlivů, dimenzování, ukládání a jištění vodičů. Výstupem z této práce by měl být teoretický návrh technického řešení elektroinstalace, podložený vypracovanou technickou dokumentací.

Výzkumné předpoklady:

Pro úspěšné vypracování této práce se předpokládá znalost platné legislativy v ČR v návaznosti na normy Evropské unie. Dále je třeba najít nejvhodnější řešení elektroinstalace JIP, které bude splňovat dané podmínky pro provoz. Vytvoření návrhu technického řešení elektroinstalace JIP.

Metoda: studie

Technika práce, vyhodnocení dat:

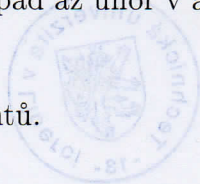
Souhrn, zpřehlednění a vysvětlení platné legislativy a norem pro elektroinstalaci JIP za účelem zlepšení výkladu. Výstup bude v podobě návrhu technického řešení elektroinstalace JIP.

Místo a čas realizace výzkumu:

Studie bude probíhat v období listopad až únor v akademickém roce 2014/2015 na Technické univerzitě v Liberci.

Vzorek:

Nepředpokládá se využití respondentů.



Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

**50 - 70 stran**

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

**viz příloha**

Vedoucí bakalářské práce:

**Ing. Jiří Kubín, Ph.D.**

Ústav mechatroniky a technické informatiky

Datum zadání bakalářské práce:

**30. dubna 2014**

Termín odevzdání bakalářské práce:

**30. dubna 2015**

prof. Dr. Ing. Zdeněk Kůs

rektor



Mgr. Marie Froňková

pověřena vedením ústavu

V Liberci dne 31. ledna 2015



# Příloha zadání bakalářské práce

## Seznam odborné literatury:

ČSN 33 2000-7-710 Elektrické instalace nízkého napětí - Část 7-710: Zařízení jednoúčelová a ve zvláštních objektech - Zdravotnické prostory

ČSN 33 2000 Elektrické instalace nízkého napětí

FENCL, František. Elektrický rozvod a rozvodná zařízení. V Praze: České vysoké učení technické, 2009 ISBN 978-80-01-04351-6

HOZMAN, Jiří, Josef Chaloupka, Petr Maršálek. Praktika z biomedicínské a klinické techniky 3 : simulátory fyziologických funkcí a bezpečnost pacienta. V Praze: České vysoké učení technické, 2008 ISBN 978-80-01-04031-7

CIPRA, Mirko, Vladimír Kůla, Michal Kříž. Úvod do elektrotechniky. Praha : Vydavatelství ČVUT, 2004 ISBN 80-01-02155-6

CIPRA, Mirko, Vladimír Kůla, Michal Kříž. Elektrotechnická kvalifikace. V Praze : České vysoké učení technické, 2011 ISBN 978-80-01-04813-9

BASTIAN, Peter. Praktická elektrotechnika. Praha : Europa-Sobotáles, 2006 ISBN 80-86706-15-X

KONEČNÁ, Eva, Aleš Richter, Jiří Kubín. Bezpečnost elektrických zařízení ve zdravotnictví. Liberec : Technická univerzita v Liberci, 2011 ISBN 978-80-7372-818-2

DVOŘÁČEK, Karel. Správná a bezpečná elektroinstalace. Brno : CPress, 2012 ISBN 978-80-264-0013-4

NOVÁK, Lukáš. Bezpečnost elektrických zařízení. V Praze : České vysoké učení technické, 2009 ISBN 978-80-01-04350-9

HUDECZEK, Mečislav, Pavel Santarius, Edmund Pantůček, Břetislav Cichoň, Alexej Satinský. Chránění I. Havířov: IRIS, 2004 ISBN 80-903540-1-7

KŘÍŽ, Michal. Dimenzování a jištění elektrických zařízení-tabulky a příklady. Praha: IN-EL, 2001 ISBN 80-86230-21-X

WEBSTER J.G. Bioinstrumentation. Hoboken: John Wiley & Sons, 2004

Smékal, Roman. Elektro. FCC Public [online]. 2009, 19, (11), 52-53 [vid. 2014-10-18]. ISSN 1210-0889. Dostupné z:

<http://www.odbornecasopisy.cz/res/pdf/39875.pdf>

Jednotky intenzivní péče v 21. století kvalita, bezpečnost, legislativa. Česká společnost pro zdravotnickou techniku [online]. 15. 10. 2008, [vid. 2014-10-19].

Dostupné z:

[http://www.cszt.cz/index.php\\_option=com\\_content&view=article&id=10:jednotky-intenzivni-pee-v-21-stoleti-kvalita-bezpenost-legislativa&catid=5:archiv&Itemid=10](http://www.cszt.cz/index.php_option=com_content&view=article&id=10:jednotky-intenzivni-pee-v-21-stoleti-kvalita-bezpenost-legislativa&catid=5:archiv&Itemid=10)

Elektrické rozvody ve zdravotnických prostorech. Česká společnost pro zdravotnickou techniku [online]. 11. 04. 2013, [vid. 2014-10-19]. Dostupné z:

[http://www.cszt.cz/index.php\\_option=com\\_content&view=article&id=39:2013-04-25-12-16-10&catid=5:archiv&Itemid=10](http://www.cszt.cz/index.php_option=com_content&view=article&id=39:2013-04-25-12-16-10&catid=5:archiv&Itemid=10)

## Prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé bakalářské práce a konzultantem.

Současně čestně prohlašuji, že tištěná verze práce se shoduje s elektronickou verzí, vloženou do IS STAG.

Datum: 30.4.2015

Podpis:



## **Poděkování**

Rád bych poděkoval Ing. Jířímu Kubínovi, Ph.D. za odborné vedení a cenné rady při zpracování této práce. Dále bych chtěl poděkovat Ing. Karlu Novákovi a panu Petru Kuderovi za důležité praktické informace, které byly významné pro dokončení technického návrhu elektroinstalace. Mé poděkování patří též Ing. Petru Kudrnovi za pomoc při výběru tématu bakalářské práce.

## **Anotace**

**Autor:** Jakub Kašpar  
**Instituce:** Technická univerzita v Liberci, Ústav zdravotnických studií  
**Název práce:** Návrh elektroinstalace na jednotce intenzivní péče  
**Vedoucí práce:** Ing. Jiří Kubín, Ph.D.  
**Počet stran:** 83  
**Počet příloh:** 11  
**Rok obhajoby:** 2015

**Souhrn:** Tato bakalářská práce seznamuje s platnou legislativou České republiky a normami Evropské unie. Popisuje základní podmínky provozu, vnější vlivy, dimenzování a jištění vodičů. Cílem práce bylo porovnání staré a nové normy ČSN o elektroinstalacích ve zdravotnických prostorech. Výstupem práce je návrh elektroinstalace jednotky intenzivní péče. Tento návrh je podložený vypracovanou technikou dokumentací.

**Klíčová slova:** ČSN 33 2140, ČSN 33 2000-7-710, návrh velikosti napájecího zdroje, návrh silnoproudých vodičů, elektrické ochrany, technická zpráva, technická dokumentace



## **Annotation**

**Author:** Jakub Kašpar  
**Institution:** Technical university of Liberec, Institute of Health Studies  
**Title:** The electrical installation concept of ICU  
**Supervisor:** Ing. Jiří Kubín, Ph.D.  
**Pages:** 55  
**Apendix:** 11  
**Year:** 2015

**Summary:** This bachelor thesis deals with valid legislation of the Czech Republic and norms of the European Union. The thesis describes basic requirements of operation, external effects, design and protection of electrical cables. The objective of the thesis is comparison of old and new norms ČSN about electrical installation in medical locations. The result of this thesis is the design of electrical installation for the intensive care unit. This project is supplemented with technical documentation.

**Key words:** ČSN 33 2140, ČSN 33 2000-7-710, design of power supply, design of cables of high-(voltage) current, electrical protection, technical report, technical documentation

## Obsah

Poděkování.....	7
Anotace .....	8
Klíčová slova:.....	8
Annotation .....	9
Key words .....	9
Seznam užitých ilustrací .....	14
Seznam vložených tabulek.....	14
Seznam použitých zkratk .....	15
Úvod.....	16
1    Elektrotechnické předpisy pro zdravotnické instalace .....	17
2    ČSN 33 2140 .....	18
2.1    Určení typu místnosti a aplikace požadavků v místnostech pro lékařské účely podle ČSN 33 2140 .....	18
2.2    Požadavek P0 – Základní podmínky.....	18
2.3    Požadavek P1 – Ochranné uzemnění .....	18
2.4    Požadavek P2 – Ochranné pospojování .....	19
2.5    Požadavek P3 – Omezení dotykového napětí .....	19
2.6    Požadavek P4 – Proudové chrániče .....	20
2.7    Požadavek P5 – Zdravotnická izolovaná soustava (Zdravotnická IT soustava) 20	
2.8    Požadavek GE – Hlavní nouzový zdroj elektrické energie.....	21
2.9    Požadavek E1 a E2 – Speciální nouzové zdroje elektrické energie.....	21
2.9.1    Požadavky na speciální nouzový zdroj elektrické energie typu E1 .....	21
2.9.2    Požadavky na speciální nouzový zdroj elektrické energie typu E2.....	22
2.9.3    Společné požadavky na speciální nouzové zdroje elektrické energie typu E1 a E2	22

2.10	Požadavek A – Ochrana proti výbuchu, požáru a nebezpečným účinkům statické elektřiny .....	22
2.10.1	Ochrana proti výbuchu.....	22
2.10.2	Ochrana proti požáru .....	22
2.10.3	Ochrana proti nebezpečným účinkům statické elektřiny .....	22
2.11	Požadavek I – Ochrana před rušivými účinky elektromagnetického pole .....	23
3	Vnější vlivy .....	24
3.1	Opatření proti vnějším vlivům dle ČSN 33 2000-7-710.....	24
3.1.1	Riziko výbuchu .....	24
3.1.2	Vznik statické elektřiny .....	25
3.1.3	Ochrana před elektromagnetickým rušením .....	25
4	Elektrické instalace nízkého napětí ve zdravotnických prostorech podle nové ČSN 33 2000-7-710 v porovnání s ČSN 33 2140 .....	26
4.1	Klasifikace zdravotnického prostoru.....	26
4.2	Definice zdravotnického prostoru a místnosti pro lékařské účely .....	27
4.3	Členění zdravotnického prostoru .....	27
4.4	Skupiny a třídy zdravotnických prostor .....	27
4.5	Řešení nežádoucího vypínání proudovým chráničem.....	27
4.6	Monitorování izolační úrovně .....	28
4.7	Rozvodné soustavy ve zdravotnických prostorech .....	28
4.8	Ochrana automatickým odpojením .....	28
4.9	IT síť .....	29
4.10	Signalizace snížení izolačního odporu a monitoring přetížení a vysoké teploty	29
4.11	Impedance ochranných vodičů.....	30
4.12	Automatické přepnutí na záložní přívod .....	30
4.13	Ochrana proti výbuchu .....	31
4.14	Ochranný oddělovací transformátor.....	31

4.15	Signalizace napájení ze záložního přívodu .....	31
4.16	Pojem „Bezpečnostní zdroje“ .....	31
4.17	Pojem „selhání“ .....	32
4.18	Monitorování ztráty nebo poklesu napětí o více než 10% jmenovité hodnoty	32
4.19	Rozdělení napájecích zdrojů podle doby přepnutí a napájených obvodů .....	32
4.20	Zkrácení minimální doby napájecích zdrojů s dobou přepnutí do 0,5 sekund včetně 33	
4.21	Zkrácení minimální doby napájecích zdrojů s dobou přepnutí do 15 sekund včetně 33	
4.22	Další neplatné části ČSN 33 2140 podle ČSN 33 2000-7-710 .....	34
5	Návrh velikosti napájecího zdroje .....	35
5.1	Výpočtové zatížení homogenní skupiny spotřebičů .....	36
5.2	Výpočtové zatížení nehomogenní skupiny spotřebičů .....	36
6	Návrh silnoproudých vodičů .....	37
6.1	Dovolená provozní teplota .....	37
6.2	Hospodárný průřez vedení .....	39
6.3	Mechanická pevnost vodičů .....	39
6.4	Úbytek napětí na vodiči .....	39
6.5	Odolnost vodičů proti účinkům zkratových proudů .....	40
7	Elektrické ochrany .....	41
7.1	Pojistky .....	43
7.2	Jističe .....	45
7.3	Proudové chrániče .....	48
8	Technické podklady pro návrh .....	51
8.1	Úvod do projektu .....	51
8.2	Seznam přístrojů .....	51
8.3	Určení vnějších vlivů .....	53
8.4	Zařazení místnosti s ohledem na vnější vlivy a určení provozních podmínek	54



8.5	Výpočet a dimenzování napájecích zdrojů .....	57
8.6	Jištění a dimenzování vodičů .....	58
9	Závěrečná technická zpráva .....	60
9.1	Všeobecné údaje.....	60
9.2	Vlastní provedení instalace .....	61
9.3	Závěr .....	65
10	Technická dokumentace .....	66
	Seznam použité literatury .....	67
	Přílohy.....	70
	Přiložené CD .....	70
	Příloha A .....	71
	Příloha B.....	72
	Příloha C.....	73
	Příloha D .....	74
	Příloha E (Technická dokumentace) – Seznam spotřebičů dle softwaru.....	75
	Příloha F (Technická dokumentace) – Půdorys, zásuvkové okruhy .....	76
	Příloha G (Technická dokumentace) – Půdorys, světelné okruhy .....	77
	Příloha H (Technická dokumentace) – Půdorys, ochranné uzemnění a pospojování .	78
	Příloha I (Technická dokumentace) – Schéma rozváděče .....	79
	Příloha J (Technická dokumentace) – Schéma ovládání zdrojů .....	83

## Seznam užitých ilustrací

Obrázek 1 – Příklad použití hlavní ochranné přípojnice, Zdroj: [1].....	19
Obrázek 2 – Vypínací charakteristika pojistky, Zdroj: [7] .....	43
Obrázek 3 – Konstrukce pojistkové vložky, Zdroj: [10] .....	44
Obrázek 4 – Vypínací charakteristika tepelné nadproudové spouště jističe, Zdroj: [7] .	45
Obrázek 5 – Vypínací charakteristika elektromagnetické zkratové spouště jističe, Zdroj: [7].....	45
Obrázek 6 – Vypínací charakteristiky jističů, Zdroj: [7] .....	46
Obrázek 7 - Příloha C, konstrukce jističe, Zdroj: [8].....	73
Obrázek 8 - Příloha C, konstrukce jističe, Zdroj: [10].....	73
Obrázek 9 - Příloha D, princip proudového chrániče, upraveno, Zdroj: [7].....	74

## Seznam vložených tabulek

Tabulka 1 - Značení zásuvkových vývodů v místnostech pro lékařské účely, Zdroj: [1] .....	20
Tabulka 2 - seznam přístrojů, Zdroj: Autor .....	52
Tabulka 3 - Určení vnějších vlivů, Zdroj: Autor .....	53
Tabulka 4 - Zařazení místnosti dle vnějších vlivů, Zdroj: Autor.....	54
Tabulka 5 - Zajištění požadavků, Zdroj: Autor .....	54
Tabulka 6 - Rozdíly v zajištění požadavků dle norem, Zdroj: Autor .....	56
Tabulka 7 - Dimenzování zdrojů, Zdroj: Autor .....	57
Tabulka 8 - Technická zpráva, vnější vlivy, Zdroj: Autor.....	61
Tabulka 9 - Technická zpráva, dimenzování zdrojů, Zdroj: Autor .....	61
Tabulka 10 - Příloha A, tabulka B1 normy ČSN 33 2000-7-710, Zdroj: [2].....	71
Tabulka 11 - Příloha B, tabulka A1 normy ČSN 33 2000-7-710, Zdroj: [2].....	72
Tabulka 12 – Příloha E, seznam spotřebičů dle softwaru .....	75

## Seznam použitých zkratk

tzv.	takzvaný
tzn.	to znamená
atd.	a tak dále
resp.	respektive
např.	například
apod.	a podobně
č.	číslo
čl.	článek
Sb.	sbírka (zákonů)
tab.	tabulka
ČR	Česká republika
TN	soustava s uzemněným uzlem zdroje a s ochranným vodičem
TN-C	soustava TN kde vodič PEN slouží jako ochranný a střední vodič
TN-S	soustava TN kde je použit samostatný ochranný PE a střední N vodič
TT	soustava s uzemněným zdrojem a uzemněním jednotlivých spotřebičů
IT	soustava s izolovaným uzlem zdroje a zemněním jednotlivých spotřebičů
PE	ochranný vodič
PEN	kombinovaný ochranný a pracovní vodič
CYKY-J	měděný kabel s vnitřní a vnější izolací z PVC s jednou žilou ochranného vodiče
PVC	polyvinylchlorid
AC	střídavý proud (napětí)
JIP	jednotka intenzivní péče
ČSN	česká technická norma
EN	evropská norma
ISO	označení norem převzatých od ISO (International Organization for Standardization)
ed.	edice
EKG	elektrokardiograf
EEG	elektroencefalograf
EMG	elektromyograf
ME přístroj	zdravotnický elektrický přístroj
PLC	programovatelný logický automat
UPS	nepřerušitelný zdroj napájení
IMD	hlídač izolačního stavu

## Úvod

Tato bakalářská práce je zaměřena na návrh elektroinstalace jednotek intenzivní péče (dále JIP). Seznamuje s platnou legislativou ČR a normami Evropské unie o elektroinstalacích ve zdravotnických prostorech. Zabývá se porovnáním dvou technických norem, na jejichž výsledku je založen konečný návrh elektroinstalace. Jedná se o technické normy ČSN 33 2140 Elektrotechnické předpisy – Elektrický rozvod

v místnostech pro lékařské účely, jejíž platnost skončila 9. 1. 2015 a ČSN 33 2000-7-710 Elektrické instalace nízkého napětí – Část 7-710: Zařízení jednoúčelová a ve zvláštních objektech – Zdravotnické prostory, která je platná od 1. 2. 2013.

Dále práce popisuje návrh velikosti napájecího zdroje v případě homogenní i nehomogenní skupiny spotřebičů. Je zde vyřešeno i ukládání, dimenzování a jištění vodičů, včetně vysvětlení principů jistících prvků.

Výstupem této práce je porovnání ČSN 33 2140 a ČSN 33 2000-7-710, a vytvoření teoretického návrhu technického řešení elektroinstalace JIP. Technický návrh obsahuje zařazení místnosti dle určení vnějších vlivů, číselné dimenzování celého vedení včetně napájecích zdrojů a výslednou technickou dokumentaci, která bude splňovat platnou legislativu ČR a normy Evropské unie. V technické dokumentaci nalezneme vykreslení půdorysu místnosti se znázorněnými zásuvkovými a světelnými okruhy, provedení ochranného uzemnění a pospojování, schéma rozváděče místnosti včetně zvolených vodičů a jistících prvků a jednoduché schéma přepojování mezi jednotlivými bezpečnostními zdroji a sítí. Veškeré další technické parametry či informace sepisuje závěrečná technická zpráva.



## **1 Elektrotechnické předpisy pro zdravotnické instalace**

Doposud základní normou pro navrhování, provoz a údržbu elektrických rozvodů v místnostech pro lékařské účely byla ČSN 33 2140 Elektrotechnické předpisy – Elektrický rozvod v místnostech pro lékařské účely. Protože byla vydána už v roce 1986, byly provedeny změny tohoto dokumentu za účelem zvýšení bezpečnosti a spolehlivosti v podobě ČSN 33 2000-7-710 Elektrické instalace nízkého napětí – Část 7-710: Zařízení jednoúčelová a ve zvláštních objektech – Zdravotnické prostory, a to s účinností od 9.1. 2015. [1, 2, 9]

## **2 ČSN 33 2140**

Tato norma rozdělila elektrotechnické předpisy pro zdravotnické prostory do 13 požadavků, a to: P0-P8, GE, E1 a E2, A, I. Je zde obsažena tabulka popisující závaznost jednotlivých požadavků pro dané typy místností. [1]

Vzhledem k tématu práce se zaměříme na požadavky pro místnosti intenzivní péče. Obecné shrnutí této normy je uvedeno níže. Pro konkrétní údaje je třeba nahlédnout přímo do ČSN 33 2140.

### **2.1 Určení typu místnosti a aplikace požadavků v místnostech pro lékařské účely podle ČSN 33 2140**

Každá místnost pro lékařské účely musí být zařazena do některého z typu místnosti podle tabulky 3. normy ČSN 33 2140. Pro každý typ místnosti jsou v této tabulce stanoveny závazné požadavky. Závaznými požadavky se myslí, že všechny přiřazené požadavky k danému typu místnosti musí být realizované. Požadavky se také určují podle konkrétního vyšetření nebo ošetření pacienta. [1]

Dále se tento bod zabývá písemnou dokumentací o konečném určení závaznosti místnosti s příslušnými náležitostmi, a to i v případě změny typu místnosti. S tím souvisí i označení místnosti a revize. [1]

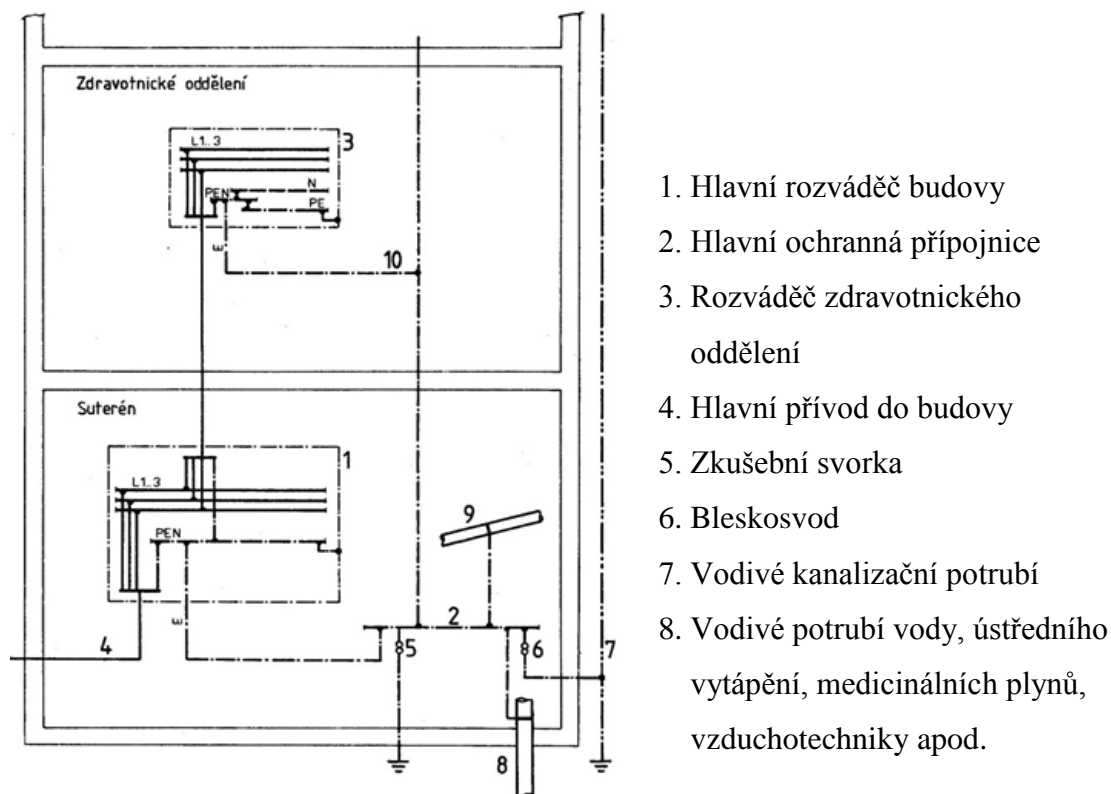
### **2.2 Požadavek P0 – Základní podmínky**

Požadavek P0 je závazný pro veškeré elektroinstalace v místnostech pro lékařské účely. Zabývá se zajištěním základních podmínek pro ochranu před nebezpečným dotykovým napětím a řeší použití rozvodných soustav v místnostech pro lékařské účely včetně rozváděče, počtu zásuvek, průřezu vodiče PEN a materiálů vodičů. [1]

### **2.3 Požadavek P1 – Ochranné uzemnění**

Požadavek P1 je závazný pro elektroinstalaci JIP. Upřesňuje kritéria pro ochranné uzemnění a platí pro všechny ochrany, které fungují na základě ochranného uzemnění (ochrana nulováním, ochrana zemněním, chrániče, zdravotnická izolovaná soustava). Tento požadavek zajišťuje omezení dotykového napětí na bezpečnou hodnotu splněním podmínek pro ochranný vodič. Těmito podmínkami se rozumí hodnota maximálního dotykového střídavého napětí, povinná izolace v dané

barevné kombinaci, podmínky hlavní ochranné přípojnice včetně výčtu předmětů, které musejí být na tuto přípojnicí připojeny pomocí vodičů s minimálním předem definovaným průřezem a impedancí, a další případné doporučení trasy vodičů. [1]



Obrázek 1 – Příklad použití hlavní ochranné přípojnice, Zdroj: [1]

## 2.4 Požadavek P2 – Ochranné pospojování

Požadavek P2 je opět závazný pro elektroinstalaci JIP. Zdejší kritéria se zaměřují na ochranné pospojování a určují celkový odpor vodiče mezi chráněnými částmi a přípojnici ochranného pospojování. Zabývá se tedy umístěním přípojnice ochranného pospojování, její spojení s přípojnici ochranného uzemnění vodičem o daném průřezu, opět výčtem částí, které musejí být připojeny k přípojnici ochranného pospojování a jejich výjimek. Dále udává impedanci a barevnou kombinaci vodičů ochranného pospojování včetně označení jejich konců. [1]

## 2.5 Požadavek P3 – Omezení dotykového napětí

Požadavek P3 je určený pro místnosti, ve kterých dochází k přímým zásahům na srdci. Proto je to požadavek pro elektroinstalaci JIP pouze doporučený. Zaměřuje se na dotykové napětí mezi přípojnici pospojování a jakoukoliv okolní vodivou částí. To

nesmí za normálních podmínek při odporu 1 k $\Omega$  vyvolat větší, než maximální normou přípustný proud. To je zajištěno splněním pravidel, které jsou uvedeny v tomto požadavku. [1]

## 2.6 Požadavek P4 – Proudové chrániče

Požadavek P4 je pro elektroinstalaci JIP závazný, ale pouze pro přístroje, specifikované v normě článkem 6.8. Jedná se o elektrické zdravotnické přístroje, které mají příkon vyšší než 5 kVA a všechna rentgenová zařízení, bez ohledu na příkon. Požadavek řeší zvýšení ochrany proudovými chrániči a ochrany před nebezpečným dotykovým napětím pomocí omezené doby vypnutí. Stanovuje jak proudovými chrániči jistit či nejistit ochranný oddělovací transformátor a osvětlení, citlivost proudových chráničů a počet obvodů, připadající na jeden proudový chránič. [1]

## 2.7 Požadavek P5 – Zdravotnická izolovaná soustava (Zdravotnická IT soustava)

Požadavek P5 je závazný pro elektroinstalaci JIP. Zabývá se zajištěním neustálého napájení a omezením proudu, který by procházel tělem pacienta při dotyku krajních vodičů s neživými částmi. Popisuje nutnost použití ochranného oddělovacího transformátoru pro vytvoření zdravotnické IT soustavy, jeho stínění, chránění a napájení. Dále rozsah zdravotnické IT soustavy, minimální počet samostatně jištěných zásuvkových obvodů na místnost, její jištění na vývodech, jednotné označení zásuvkových vývodů, prostorové oddělení živých částí od živých částí jiných obvodů a přístroje, které na tuto zdravotnickou IT soustavu musí či nemusí být připojeny. Požadavkem je také dáno, že zdravotnická IT soustava musí být opatřena hlídačem izolačního stavu, jehož potřebné parametry jsou v tomto požadavku vypsány. [1]

Tabulka 1 - Značení zásuvkových vývodů v místnostech pro lékařské účely, Zdroj: [1]

ZNAČENÍ ZÁSUVKOVÝCH VÝVODŮ V MÍSTNOSTECH PRO LÉKAŘSKÉ ÚČELY			
Druh zásuvkového vývodu	Požadavek	Značení	
		barevné	písmenové
Méně důležité obvody	—	libovolná barva kromě zelené, žluté, oranžové a červené	—
Důležité obvody	GE	zelená	DO
Zdravotnická izolovaná soustava	P5	žlutá	ZIS
Velmi důležité obvody	E1	oranžová	VDO



## 2.8 Požadavek GE – Hlavní nouzový zdroj elektrické energie

Požadavek se zabývá obnovením dodávky elektrické energie pro důležité obvody, na kterých jsou připojeny zdravotnické a další přístroje, které jsou důležité pro (podle této normy):

- život pacientů
- zajištění bezpečnosti provozu
- zamezení nenahraditelných ztrát

Z tohoto důvodu je požadavek pro JIP závazný a je zajištěn tzv. hlavním nouzovým zdrojem, který má definovanou maximální dobu (120 s), do které musí začít napájet důležité obvody. Z přepínání na hlavní nouzový zdroj vyplývají další body, které požadavek řeší, a to napájení hlavního a záložního přívodu v rozvaděči, automatické přepínání přívodů a bezpečnostní podmínky v případě napájení z hlavního nouzového zdroje. Spolu s důležitými obvody jsou zde sepsány pravidla pro jednotné označení jejich zásuvkových vývodů a všech částí důležitých obvodů, případně doporučení k jejich dimenzování. [1]

## 2.9 Požadavek E1 a E2 – Speciální nouzové zdroje elektrické energie

Vzhledem k charakteristikám speciálních nouzových zdrojů elektrické energie je požadavek E1 a E2 pro JIP pouze doporučený.

### 2.9.1 Požadavky na speciální nouzový zdroj elektrické energie typu E1

Zdroj typu E1 je touto normou charakterizován jako zdroj, který napájí velmi důležité obvody, a proto musí začít napájet do 15 s po výpadku základního nebo hlavního nouzového zdroje. Na velmi důležité obvody jsou podle této normy připojeny přístroje, které:

- podporují, udržují nebo nahrazují základní životní funkce
- mohou mít přerušeno napájení, ale doba obnovení dodávky elektrické energie z hlavního nouzového zdroje je pro ně příliš dlouhá
- mají pouze síťové napájení (bez zajištění nouzového napájení vnitřním zdrojem)

Požadavek popisuje jednotné označení zásuvkových vývodů velmi důležitých obvodů, udává soustavu, kterou musí tento zdroj napájet a úroveň dodržení bezpečnosti při napájení z tohoto zdroje. [1]

### 2.9.2 Požadavky na speciální nouzový zdroj elektrické energie typu E2

Zdroj typu E2 je určen pro napájení operačních svítidel a to musí zajistit do 0,5 s po výpadku základního nebo GE zdroje. Požadavek také určuje počet takto napájených svítidel na místnost a opět úroveň dodržení bezpečnosti při napájení z tohoto zdroje. [1]

### 2.9.3 Společné požadavky na speciální nouzové zdroje elektrické energie typu E1 a E2

Jako společný požadavek pro zdroje typu E1 a E2 je uvedena minimální doba, po kterou musí zajistit napájení, doba a způsob opětovného nabití, automatické přepínání mezi zdroji, jejich umístění, signalizace napájení, prostorové oddělení jejich živých částí od jiných živých částí a mechanická ochrana. [1]

## **2.10 Požadavek A – Ochrana proti výbuchu, požáru a nebezpečným účinkům statické elektřiny**

Požadavek A se zabývá omezením možnosti vzniku výbuchu, požáru a nebezpečných účinků statické elektřiny. Proto je pro JIP závazný. Dělí se na tři následující části: [1]

### 2.10.1 Ochrana proti výbuchu

Požadavek ochrany proti výbuchu upřesňuje, za jakých podmínek by mohlo dojít k vytvoření výbušné směsi při používání anestetik, dezinfekčních a odmašťovacích látek v kombinaci s různými plyny a jakým způsobem tomu zabránit. Jsou zde uvedena různá opatření a rozdělení do zón, ve kterých jsou uvedeny přístroje, které se v dané zóně mohou či nesmějí nacházet, popřípadě za jakých podmínek. [1]

### 2.10.2 Ochrana proti požáru

Tento požadavek se zaměřuje na podmínky, které se musí splnit v uzavřených prostorách, ve kterých jsou společně umístěny elektrické rozvody a rozvody plynů pro zdravotnické účely, aby se zabránilo vzniku požáru. [1]

### 2.10.3 Ochrana proti nebezpečným účinkům statické elektřiny

Zde se požadavek zabývá nebezpečím vzniku náboje v místnostech pro lékařské účely. Sepisuje vznik těchto nábojů, jejich projevy a především opatření proti vzniku. [1]

## **2.11 Požadavek I – Ochrana před rušivými účinky elektromagnetického pole**

Elektromagnetické pole může způsobovat rušení a následné zkreslení a znehodnocení měření. To platí především v místnostech, ve kterých se provádí měření bioelektrických potenciálů (např. EKG nebo EEG). Proto musí být v okolí přístrojů, měřících bioelektrické potenciály, provedena ochrana před rušivými účinky elektromagnetických polí. [1]

Pro omezení nadměrného rušení elektromagnetickými poli z důvodu důležitosti správného měření, je požadavek I pro JIP doporučený. Požadavek sepisuje způsoby odstranění rušivých účinků nízkofrekvenčního elektrického a magnetického pole a rušivých účinků vysokofrekvenčního elektromagnetického pole. [1]

ČSN 33 2140 rozepisuje požadavky A a I podrobněji, ale vzhledem k aktualizaci elektrotechnických předpisů pro zdravotnické prostory v podobě ČSN 33 2000-7-710, budou tyto témata upřesněny v kapitole: „Vnější vlivy podle ČSN 33 2000-7-710“.

### 3 Vnější vlivy

Vnější vlivy mají podstatný vliv na volbu a způsob uložení vodičů, jelikož za určitých okolností by mohlo dojít ke zvýšení nebezpečí úrazu elektrickým proudem, polem a elektromagnetickým polem. Veškerá elektroinstalace vychází z přesného určení vnějších vlivů a vytvoření daného opatření.

Normou ČSN 33 2000-5-51 ed.3 jsou definovány všechny vnější vlivy a rozděleny do následující struktury:

1. písmeno – kategorie vnějšího vlivu - A – Vnější činitel prostředí
  - B – Využití
  - C – Konstrukce budovy
2. písmeno – povaha vnějšího vlivu – A, B, C, .... R, S
3. pozice – třída vnějšího vlivu – 1, 2, ... [3, 7, 19]

Po přiřazení jednotlivých druhů a tříd vnějších vlivů se zařadí místnost do jednoho ze tří typů prostorů, podle ČSN 33 2000-4-41 ed. 2 /Z1:

- a) *Prostory normální* – toto prostředí je považováno za bezpečné, protože nezvyšuje nebezpečí úrazu elektrickým proudem působením vnějších vlivů, jestliže jsou elektrická zařízení používána podle stanoveného použití [3, 7, 9, 19]
- b) *Prostory nebezpečné* – v tomto prostředí vzniká vlivem působení vnějších vlivů přechodné nebo stále nebezpečí úrazu elektrickým proudem [3, 7, 9, 19]
- c) *Prostory zvlášť nebezpečné* – v tomto prostředí je zvýšeno nebezpečí úrazu elektrickým proudem působením zvláštních okolností, vnějších vlivů, případě i jejich určitou kombinací [3, 7, 9, 19]

#### 3.1 Opatření proti vnějším vlivům dle ČSN 33 2000-7-710

##### 3.1.1 Riziko výbuchu

Pro elektrické přístroje, jako jsou zásuvky a spínače, které jsou umístěné pod vývody zdravotnických plynů (kyslík nebo hořlavé plyny), udává norma povinnou



vzdálenost. Tato vzdálenost musí být 0,2 m a je měřena mezi středy zásuvek a středy vývodů. Je to z důvodu minimalizování rizika vznícení hořlavých plynů. Další požadavky jsou obsaženy v EN 60601-1 a EN ISO 11197. [2]

Norma také dovoluje doplnění dodatečných požadavků podle národních legislativních předpisů. [2]

### 3.1.2 Vznik statické elektřiny

ČSN 33 2000-7-710 pouze doporučuje preventivní opatření proti vzniku statické elektřiny. [2]

### 3.1.3 Ochrana před elektromagnetickým rušením

V patientském prostředí se mohou provádět diagnostická vyšetření, jejichž výsledek by mohl být snadno zkreslen vznikem elektromagnetického rušení. Proto ČSN 33 2000-7-710 definuje hodnoty magnetické indukce  $B$  při 50 Hz, u nichž se nepředpokládá vznik rušení v patientském prostředí. Jsou to následující hodnoty:

- a)  $B = 1 \times 10^{-7} \text{ T}$  pro EMG
- b)  $B = 2 \times 10^{-7} \text{ T}$  pro EEG
- c)  $B = 4 \times 10^{-7} \text{ T}$  pro EKG [2]

Obecně nejsou tyto hodnoty překročeny, jestliže dodržíme ve všech směrech minimální vzdálenost mezi zdrojem rušení (elektrické zařízení) a místem určeným pro vyšetření pacientů. Jsou to následující vzdálenosti: [2]

- a) 6 m – dostatečná vzdálenost pro použití převážně indukčních strojů a přístrojů o velkém výkonu, jako jsou například výkonové transformátory nebo nepřemístitelné motory se jmenovitým výkonem přes 3 kW [2]
- b) vzdálenost mezi vícežilovými kabely elektrických instalací a chráněným místem pro pacienty, jsou podle jmenovitého průřezu definovány minimální rozteče: [2]

<u>Jmenovitý průřez</u>	<u>Minimální rozteč</u>
od $10 \text{ mm}^2$ do $70 \text{ mm}^2$	3 m
od $95 \text{ mm}^2$ do $185 \text{ mm}^2$	6 m
nad $185 \text{ mm}^2$	9 m

- c) potřebné vzdálenosti u jednožilových kabelů a u přípojníc mohou být větší, proto se doporučuje výpočet vzdálenosti svěřit expertům [2]

## **4 Elektrické instalace nízkého napětí ve zdravotnických prostorech podle nové ČSN 33 2000-7-710 v porovnání s ČSN 33 2140**

### **4.1 Klasifikace zdravotnického prostoru**

Podle ČSN 33 2140 měla být každá místnost pro lékařské účely zařazena do některého z typů místností a podle tabulky 3. této normy se pro ni stanovily závazné požadavky. [1]

V ČSN 33 2000-7-710 se provádí klasifikace zdravotnického prostoru (včetně zařazení do příslušné skupiny) ve spolupráci se zodpovědnými pracovníky zdravotnického zařízení, které bude elektroinstalaci používat. Pro vymezení klasifikace zdravotnického prostoru je zapotřebí, aby zdravotnický personál uvedl, jaké zdravotnické procedury se budou v prostoru provádět a jaké budou používány přístroje. To znamená, že se odpovídající klasifikace zdravotnických prostorů vytvoří na základě zamýšleného používání. Dále norma uvádí vztah při zařazování zdravotnických prostorů mezi způsobem kontaktu aplikovaných částí u pacienta a ohrožení bezpečnosti, způsobené nestabilitou napájení. [2]

Zařazení do skupin je pouze informativní, protože ve zdravotnických prostorech může být nutné zajistit další opatření pro zabezpečení pacientů před rizikem úrazu elektrickým proudem nebo účel, pro který je prostor určen, může způsobit, aby prostory pro různé zdravotní postupy byly různě zařazeny. Možnost využití zdravotnického prostoru pro další různé účely s požadavky vyšších skupin, by měla být samozřejmě posouzena vzhledem k rizikům. [2, 14]

Viz čl. 710.30.

Můžeme tedy říci, že hlavní rozdíl v určování typu místností mezi oběma normami spočívá v definici typu místnosti, kde ČSN 33 2140 místnost přímo zařazovala podle daných pravidel, kdyžto ČSN 33 2000-7-710 dává přibližný přehled zařazení a nechává volný prostor pro úpravu podle určitých specifických požadavků místnosti.

## **4.2 Definice zdravotnického prostoru a místnosti pro lékařské účely**

Druhou odlišnost najdeme již v definicích. ČSN 33 2000-7-710 používá výraz „zdravotnický prostor“, kdežto v ČSN 33 2140 byl tento termín označován jako „místnost pro lékařské účely“. [1, 2, 14]

Viz čl. 710.3.1

Rozdíl ve výkladu definic není principiálně významný. Můžeme dokonce říci, že nová definice je více obecná, proto starší definici můžeme považovat za stále platnou.

## **4.3 Členění zdravotnického prostoru**

Třetí rozdíl je ve členění zdravotnického prostoru. Členění zdravotnického prostoru je závislé na stálosti dodávky elektrického proudu. A to z důvodu vyšetření nebo ošetření, které může být opakováno, ale také může jít o životně důležitá ošetření, u kterých by výpadky napájení mohly ohrozit zdraví nebo život pacientů. Dalším důležitým faktorem jsou příložené části, které přicházejí do styku s pacientem zevně či invazivně (např. intrakardiální ošetření). Zdravotnické prostory byly rozděleny do tří skupin (viz ČSN 33 2000-7-710). [2, 14]

Viz čl. 710.3.5, 710.3.6 a 710.3.7

## **4.4 Skupiny a třídy zdravotnických prostor**

ČSN 33 2140 přiřadila jednotlivé požadavky na elektrické rozvody přímo daným prostorům pro lékařské účely, a ty musely být splněny. ČSN 33 2000-7-710 zařazuje zdravotnické prostory do skupin podle požadavků na elektroinstalace a do tříd podle času obnovy napájení. [1, 2, 14] Tabulky znázorňující toto rozdělení jsou v příloze (Příloha A, Příloha B).

Důležitým faktem je, že již zmíněné zařazení zdravotnických prostor do skupin a tříd je pouze informativní.

## **4.5 Řešení nežádoucího vypínání proudovým chráničem**

Dále je podle ČSN 33 2000-7-710 potřeba vyřešit nežádoucí vypínání proudovým chráničem při současném připojení více elektrických zařízení k jednomu obvodu. Proto je možno ve zdravotnických prostorech skupiny 1 a 2, kde jsou proudové chrániče požadované, použít pouze proudové chrániče typu A nebo B, které budou vybrány v závislosti na možném poruchovém proudu. [2]

Viz čl. 710.411.3.2.1

#### **4.6 Monitorování izolační úrovně**

Doporučuje se, aby u TN-S sítě byl proveden monitoring hlídající izolační odpor všech vodičů pod napětím, z důvodu zajištění jejich izolační úrovně. Snížení této izolační úrovně má být hlášeno technickému personálu. [2, 14]

Viz čl. 710.411.4

#### **4.7 Rozvodné soustavy ve zdravotnických prostorech**

ČSN 33 2140 uváděla, že v místnostech pro lékařské účely a dalších místnostech, napájených ze stejného rozvaděče, musí být použité rozvodné soustavy TN-S, TT nebo IT. ČSN 33 2000-7-710 vyžaduje ve zdravotnických prostorech skupiny 1 a 2 rozvodnou soustavu TN, a to především pro všechny případy použití proudových chráničů. Je uvedena také možnost použití rozvodné soustavy TT, ale ta není nutná. V případě zřízení rozvodné soustavy TT ve zdravotnických prostorech skupiny 1 a 2 musí být splněny stejné požadavky jako pro síť TN a opět musí být použity proudové chrániče jako přístroje zajišťující odpojení. [1, 2, 14]

Viz čl. 710.411.4 a 710.411.5

#### **4.8 Ochrana automatickým odpojením**

V ČSN 33 2140 bylo řečeno, že přístroje s příkonem nad 5 kVA a všechna rentgenová zařízení (bez ohledu na příkon) nemusí být napájeny ze zdravotnické izolované soustavy, tudíž mohou být napájeny např. soustavou TN-S, ale musí být chráněny proudovými chrániči. V tom se liší ČSN 33 2000-7-710, která pro zdravotnické prostory skupiny 2 (s výjimkou zdravotnické IT sítě) říká, že ochrana proudovými chrániči s reziduálním vybavovacím proudem nepřesahujícím 30 mA, musí být použita jen pro následující obvody:

- napájení pro pohyb upevněného elektrického operačního stolu
- obvody napájející rentgenové přístroje
- napájení všech přístrojů se jmenovitým příkonem vyšším než 5 kVA
- zařízení s nekritickou funkcí

V poznámkách pod body (v normě) jsou uvedeny výjimky či doporučení. [1, 2, 14]

Viz čl. 710.411.4 a 710.411.5

#### **4.9 IT síť**

Podle V ČSN 33 2000-7-710 musí být ve zdravotnických prostorech skupiny 2 použita IT síť pro koncové obvody, které napájí ME přístroje a zdravotnické elektrické systémy určené pro podporu života, chirurgické aplikace a další elektrické přístroje umístěné v patientském prostředí. To ale neplatí pro přístroje uvedené v předchozím bodě, jelikož musí být napájeny z TN sítě, z důvodu ochrany automatickým odpojením (použití proudových chráničů). [2, 14]

Z toho tedy vyplývá, že pouze ve zdravotnických prostorech skupiny 2 je požadováno použití zdravotnického elektrického systému. [14]

Viz čl. 710.411.6.3.101, čl. 710.411.4

#### **4.10 Signalizace snížení izolačního odporu a monitoring přetížení a vysoké teploty**

ČSN 33 2140 stanovovala povinnou optickou a akustickou signalizaci při snížení izolačního odporu zdravotnické izolované soustavy. Pro optickou signalizaci platilo, že musí být v činnosti po celou dobu závady, kdežto akustická signalizace může být vypínatelná tlačítkem. Dále se pouze doporučovalo signalizování normálního provozního stavu a maximálního dovoleného zatížení. [1]

ČSN 33 2000-7-710 má tyto požadavky specifikovány podrobněji. Také požaduje akustický a optický výstražný systém pro každou zdravotnickou IT síť. Systém musí být na vhodném místě a musí obsahovat následující součásti:

- zelená optická signalizace pro indikaci normálního stavu
- žlutá optická signalizace, indikující snížení izolačního stavu pod nastavenou hodnotu, tento optický signál nesmí být možné zrušit
- žlutá optická signalizace může být vypnuta pouze po opravení závady a při opětovném normálním stavu
- akustická signalizace, signalizující snížení izolačního stavu pod nastavenou hodnotu, tento akustický signál může být zrušen [2]

Důležitým požadavkem ČSN 33 2000-7-710 je ale především monitorování přetížení a vysoké teploty transformátorů zdravotnické IT sítě. Pro monitorování vysoké teploty a přetížení může být použit hlídač izolačního stavu. [2, 14]

Viz čl. 710.411.6.3.101

#### 4.11 Impedance ochranných vodičů

V ČSN 33 2140 byla v požadavku ochranného uzemnění stanovena maximální přípustná impedance ochranných vodičů mezi přípojnici a ochranným kontaktem v zásuvce nebo ochrannou svorkou na přístroji na  $0,2\Omega$ . To platilo pro případ, kdy jmenovitá hodnota jistícího prvku nebyla větší než 16 A. Pokud ale byla rovna nebo větší než 20 A, nesměla být impedance ochranných vodičů větší než:

$$Z = \frac{4}{I_a} \quad (1)$$

kde  $Z$  je impedance ochranných vodičů  
 $I_a$  je jmenovitá hodnota jistícího prvku

V požadavku ochranného pospojování byla stanovena maximální přípustná impedance vodičů ochranného pospojování mezi okolními vodivými částmi a přípojnici pospojování na  $0,1\Omega$ . [1]

To ČSN 33 2000-7-710 zobecňuje. Ve zdravotnických prostorech skupiny 1 nesmí odpor ochranných vodičů být větší než  $0,7\Omega$ . Nás ale více zajímají zdravotnické prostory skupiny 2, kde je tato hodnota nastavena na  $0,2\Omega$ . [2]

V poznámkách je navíc uvedeno, že mohou být použity národní normy zajišťující ekvivalentní bezpečnost. To znamená, že hodnoty z ČSN 33 2140 jsou podle ČSN 33 2000-7-710 stále platné.

Viz čl. 710.415.2.2

#### 4.12 Automatické přepnutí na záložní přívod

Podle ČSN 33 2140 mělo dojít k automatickému přepnutí na záložní přívod co nejbližší místa spotřeby, při ztrátě napětí na hlavním přívodu. Je to uvedeno pro požadavek GE. [1]

ČSN 33 2000-7-710 popisuje, jak se musí zabránit úplnému přerušení dodávky elektřiny v případě jedné poruchy pouze pro zdravotnické prostory skupiny 2. Jako jeden ze způsobů se může chápat použití druhého přívodu s automatickým přepínáním při výpadku napětí. [2]

To znamená, že již zmíněné kritérium, které uvádí ČSN 33 2140 v požadavku GE, je podle ČSN 33 2000-7-710 nutné pouze pro zdravotnické prostory skupiny 2.

Viz čl. 710.512.1.102

#### **4.13 Ochrana proti výbuchu**

Další, pouze drobná změna je v požadavku ochrany proti výbuchu. ČSN 33 2000-7-710 udává pro elektrické přístroje (zásuvky a vypínače), které jsou umístěny níže, než jsou vývody zdravotnických plynů (kyslíku, nebo hořlavých plynů), minimální vzdálenost mezi středy zásuvek a středy vývodů. Ta musí být minimálně 0,2m. To z důvodu minimalizování rizika vznícení hořlavých plynů. [2]

ČSN 33 2140 toto kritérium udávala podobně, ale bezpečná vzdálenost elektrických přístrojů a vývodů zdravotnických plynů byla měřena libovolným směrem. [1] Viz čl. 710.512.2.1

#### **4.14 Ochranný oddělovací transformátor**

Ochranný oddělovací transformátor měl být podle ČSN 33 2140 chráněn proti přetížení a zkratu. [1]

ČSN 33 2000-7-710 ale nedovoluje použití nadproudové ochrany proti přetížení v primárním ani sekundárním obvodu transformátoru zdravotnické IT sítě. Je povolena pouze ochrana proti zkratu v primárním obvodu ochranného oddělovacího transformátoru, a to pomocí pojistek. Další část nám také prikazuje, aby byl každý koncový obvod chráněn proti přetížení a zkratu. [2]

Viz čl. 710.53.1 a čl. 710.531.1.101

#### **4.15 Signalizace napájení ze záložního přívodu**

ČSN 33 2140 nařizovala optickou signalizaci napájení ze záložního přívodu na zdravotnickém oddělení. To ČSN 33 2000-7-710 sice vypouští, ale požaduje monitorování a indikaci dostupnosti (přípravenosti k provozu) bezpečnostních napájecích zdrojů. [1, 2]

Viz čl. 710.560.6.1.101

#### **4.16 Pojem „Bezpečnostní zdroje“**

V ČSN 33 2140 byly záložní zdroje rozděleny na „Hlavní nouzový zdroj“ a „Speciální nouzové zdroje“. Tyto pojmy už v ČSN 33 2000-7-710 nenajdeme, je zde zaveden obecný termín „Bezpečnostní zdroje“. Tyto bezpečnostní zdroje v souladu s normou napájí instalace, které zajišťují nepřetržitý provoz i v případě výpadku (poruchy) veřejné sítě, a to po určenou dobu, ve stanoveném přepínacím čase. [1, 2, 14]

Viz čl.710.56

#### **4.17 Pojem „selhání“**

ČSN 33 2140 používala pouze pojem „výpadek“ základního zdroje. V ČSN 33 2000-7-710 je kromě toho zaveden pojem „selhání“. Za výpadek základního zdroje elektrické energie považujeme již zmíněné selhání, které je upřesněno jako pokles napětí na méně, než 90% jmenovité hodnoty napětí na jednom nebo více napájecích vodičích hlavního rozváděče budovy s hlavním napájením (tzn. na napájecích vodičích hlavních rozváděčů zdravotnických zařízení, zdravotnických budov, oddělení, pracovišť). [1, 2, 14]

Viz čl.710.56

#### **4.18 Monitorování ztráty nebo poklesu napětí o více než 10% jmenovité hodnoty**

Dále z normy ČSN 33 2000-7-710 vyplývá, že se musí použít zařízení, hlídající napětí v hlavním rozváděči a dohlížející na všechny krajní vodiče. Je to uvedeno i v definici hlavního rozváděče, a to z důvodu monitorování ztráty nebo poklesu napětí o více než 10% jmenovité hodnoty. Informace o poklesu jsou potřebné pro přepnutí napájení na bezpečnostní zdroje elektrické energie. ČSN 33 2000-7-710 přiřadila bezpečnostním zdrojům s různou dobou přepnutí:

- dobu, do které musí obnovit napájení
- minimální dobu, po kterou musí zajistit napájení
- potřebnou dobu poklesu napětí minimálně o 10% jmenovité hodnoty, pro jejich sepnutí
- výčet elektrických zařízení, připojených na daný bezpečnostní obvod

[2, 14]

Viz čl.710.3.11, čl. 710.56 a čl. 710.560.6.104

#### **4.19 Rozdělení napájecích zdrojů podle doby přepnutí a napájených obvodů**

Záložní zdroje typu GE, E1 a E2 měly normou ČSN 33 2140 přiřazeny časy, do kterých musí sepnout a přístroje nebo obvody které musí napájet. V ČSN 33 2000-7-710 je toto rozdělení následující:

- a) Napájecí zdroje s dobou přepnutí do 0,5 sekundy včetně, musí v případě výpadku zajistit napájení minimálně po dobu 3 hodin pro následující elektrická zařízení:
  - osvětlení operačního stolu



- ME přístroje obsahující osvětlení, které je základním prvkem pro použití tohoto zařízení, endoskopy, včetně souvisejícího základního zařízení (například monitorů)
  - základní přístroje podporující životní funkce
  - mohou sem být zařazena i přenosná (pro polní využití) endoskopická svítidla
- b) Napájecí zdroje s dobou přepnutí do 15 sekund včetně musí zajistit napájení minimálně po dobu 24 hodin. Na tento zdroj se připojují záložní osvětlení a ostatní zařízení podle článku 710.556.7.5 a 710.556.8 v případě, že se napětí na jednom nebo více napájecích vodičích hlavního rozváděče budovy pro bezpečnostní účely sníží na méně než 90% jmenovité hodnoty, a to na dobu delší než 3 sekundy.
- c) Napájecí zdroje s dobou přerušení nad 15 sekund musí zajistit napájení minimálně po dobu 24 hodin. Napájí zbylá elektrická zařízení, která nejsou napájeny předchozími dvěma zdroji a která jsou požadována pro zdravotní služby. Tyto elektrická zařízení mohou být připojena k bezpečnostnímu napájení automaticky, nebo ručně. [1, 2, 14]

Viz čl. 710.560.6.104.3, viz čl. 710.560.6.104.2, viz čl. 710.560.6.104.1, viz Poznámka 2 k čl. 710.560.6.104.1

#### **4.20 Zkrácení minimální doby napájecích zdrojů s dobou přepnutí do 0,5 sekund včetně**

U napájecích zdrojů s dobou přepnutí do 0,5 sekundy včetně může být minimální doba napájení (3 hodiny) zkrácena na 1 hodinu, jestliže je instalován napájecí zdroj s dobou přepnutí do 15 sekund včetně. [2]

Viz Poznámka 1 k čl. 710.560.6.104.1

#### **4.21 Zkrácení minimální doby napájecích zdrojů s dobou přepnutí do 15 sekund včetně**

U napájecích zdrojů s dobou přepnutí do 15 sekund včetně může být minimální doba napájení (24 hodin) snížena na minimálně 3 hodiny, jestliže to lékařské požadavky a použití tohoto prostoru zahrnující veškeré v místě prováděné lékařské zákroky dovolí. Druhou podmínkou pro toto zkrácení je možnost evakuace objektu do 3 hodin. [2]

Viz Poznámka k čl. 710.560.6.104.2

#### **4.22 Další neplatné části ČSN 33 2140 podle ČSN 33 2000-7-710**

Z několika předcházejících bodů vyplývají další části ČSN 33 2140, které již NEPLATÍ. Jedná se o:

- a) Rozdělení zdravotnických přístrojů a dalších přístrojů, které mají být připojeny na tzv. důležité obvody, dle čl. 9.3. normy ČSN 33 2140.
- b) Rozdělení elektrických zdravotnických přístrojů, které mají být připojeny na tzv. velmi důležité obvody, dle čl. 10.1.2. normy ČSN 33 2140.
- c) Nahrazení hlavního nouzového zdroje typu GE speciálním nouzovým zdrojem typu E1 v případě malého rozsahu zdravotnického zařízení, kde by zdroj typu E1 napájel kromě zdravotnické IT sítě i přístroje, specifikované čl. 9.3. normy ČSN 33 2140. To ustanovoval čl. 10.1.6. normy ČSN 33 2140.  
[1, 14]

V ČSN 33 2000-7-710 jsou další změny z kapitoly „Revize“, ale to pro záměr této práce není podstatné.

## 5 Návrh velikosti napájecího zdroje

Návrh napájecího zdroje závisí především na příkonech všech spotřebičů, které má zdroj napájet. Dalo by se usoudit, že stačí pouze sečíst příkony napájených spotřebičů a navrhnout zdroj s příkonem větším, než tento součet. Takto navržený zdroj by byl ale značně nehospodárný, jelikož je velmi malá pravděpodobnost, že by byly všechny spotřebiče v provozu současně a na plný jmenovitý výkon. Proto se pro výpočet zavádí následující veličiny: [7]

a) *činitel současnosti*  $k_s$  – který je dán vztahem:

$$k_s = \frac{\sum S_{ns}}{\sum S_n} \quad (2)$$

b) *činitel zatížitelnosti*  $k_z$  – který je dán vztahem:

$$k_z = \frac{\sum P_s}{\sum S_{ns}} \quad (3)$$

c) *náročnost*  $\beta$  – která je dána vztahem:

$$\beta = \frac{k_s k_z}{\eta_m \eta_s} = \frac{1}{\eta_m \eta_s} \frac{\sum P_s}{\sum S_n} \quad (4)$$

kde  $\sum S_{ns}$  je součet jmenovitých příkonů současně připojených spotřebičů

$\sum S_n$  je celkový instalovaný příkon všech spotřebičů

$\sum P_s$  je součet skutečného výkonu současně připojených spotřebičů

$\eta_m$  je účinnost současně využívaných spotřebičů

$\eta_s$  je účinnost napájecí soustavy

Náročnost  $\beta$  je veličina, určující reálné zatížení soustavy. Z této veličiny dopočítáváme výsledné tzv. výpočtové zatížení  $S_v$  (5) (6), podle kterého navrhne příslušný napájecí zdroj. Od výpočtového zatížení se dále odvíjí i dimenzování celkového silnoprůvého rozvodu. [7]

Výpočet výpočtového zatížení  $S_v$  se liší podle různorodosti příkonů spotřebičů dané napájecí soustavy. Skupina spotřebičů přibližně stejných příkonů je homogenní, ostatní skupiny spotřebičů, ve kterých jsou větší příkonové odlišnosti, se nazývají nehomogenní. [7]

## 5.1 Výpočtové zatížení homogenní skupiny spotřebičů

Jelikož jsou v této skupině spotřebiče přibližně stejných příkonů, je výpočet následující: [7]

$$P_v = \beta \sum P_n \quad (5)$$

## 5.2 Výpočtové zatížení nehomogenní skupiny spotřebičů

Jelikož jsou zde značné rozdíly v příkonech spotřebičů, je výpočet trochu složitější. Nejdříve musíme oddělit ty spotřebiče, které se od ostatních výrazně odlišují. [7]

Označíme si součet příkonů těchto odlišných spotřebičů jako  $\sum S_x$  a jejich vypočtenou náročnost  $\beta_x$ . Poté si necháme již zavedené označení  $\sum S_n$  pro celkový instalovaný příkon (včetně spotřebičů o příkonu  $P_x$ ) a označíme si náročnost celkového instalovaného příkonu jako  $\beta_n$ . Pak spočítáme výpočtové zatížení pomocí vztahu: [7]

$$P_v = \beta_x \sum P_x + \beta_n \sum P_n \quad (6)$$

Problém může nastat u malých skupin spotřebičů, kde jsou velké příkonové rozdíly. V tomto případě by rovnice pro výpočtové zatížení nemusela fungovat a navržený zdroj podle této rovnice by nepokryl součet jmenovitých příkonů největší spotřebičů. Řešení by se dalo nalézt v navržení napájecího zdroje podle součtu dvou nebo tří příkonově největších spotřebičů. V těchto případech se doporučuje provést takovou kontrolu velikosti výpočtového zatížení. [7]

Další důležitou veličinou pro návrh napájecího zdroje, potažmo pro celé dimenzování silnoprůvého rozvodu je výpočtový proud: [7]

a) *výpočtový proud pro jednofázové spotřebiče*

$$I_{v1} = \frac{P_v}{U * \cos\varphi} \quad (7)$$

b) *výpočtový proud pro trojfázové spotřebiče*

$$I_{v3} = \frac{P_v}{\sqrt{3} * U * \cos\varphi} \quad (8)$$

c) *výpočtový proud pro stejnosměrné spotřebiče*

$$I_{ss} = \frac{S_v * 10^3}{U} \quad (9)$$

## 6 Návrh silnoprůdných vodičů

Návrh vodičů je důležitý pro správné fungování rozvodné soustavy za všech okolností. Volí se vhodný druh vodiče, uložení vodiče a průřez vodiče podle prostředí a podmínek provozu. Proto návrh vychází z řešení následujících bodů:

- dovolená provozní teplota
- hospodárnost průřezu vedení
- mechanická pevnost vodičů
- úbytek napětí na vodiči
- odolnost vodičů proti účinkům zkratových proudů [7]

Vzhledem k tématu práce se budeme zabývat podrobněji pouze některými body, jelikož ostatní nemají v elektroinstalaci JIP významný vliv nebo jsou vyřešeny jiným, případně složitým způsobem, který by překročil rámec této práce.

### 6.1 Dovolená provozní teplota

Na vodič při určitém uložení působí tepelné účinky proudu, který vodičem prochází a teplota okolí. Dovolená provozní teplota určuje maximální hodnotu teploty vodiče nebo jeho nejteplejšího místa, při kterém je vodič možné hospodárně používat. To znamená, že při této teplotě vodič není namáhaný do takové míry, aby docházelo k rychlejšímu opotřebení vodiče, jako je stárnutí izolace a spojů vodiče. [7] To je pro elektroinstalaci zdravotnického prostoru jako je JIP velice důležité.

Mezi další způsoby oteplování vodičů bychom mohli zařadit i vzájemné zahřívání vedle sebe jdoucích vodičů nebo sluneční záření. Sluneční záření samozřejmě v našem uzavřeném zdravotnickém prostoru nemusíme brát příliš v potaz. [7]

Dovolené provozní teploty vodičů a kabelů jsou určeny podle tabulek z ČSN 33 2000-5-51 ed.3 a ČSN 33 2000-5-52 ed.2.

Z této dovolené provozní teploty pro určité materiály vodičů a kabelů a jejich druhů izolací můžeme stanovit tzv. *jmenovitou proudovou zatížitelnost*  $I_{nv}$ . Tato veličina vyjadřuje maximální proud, který může trvale protékat vodičem při základním způsobu uložení, bez toho, aby byla překročena dovolená provozní teplota. Základním způsobem uložení je myšleno uložení vodiče ve vodorovné poloze v klidném vzduchu o základní teplotě stanovené podle již zmíněných tabulek, a uložení v zemi s určitými podmínkami, což ale není pro naši práci podstatné. [7]

Ze jmenovité proudové zatížitelnosti  $I_{nv}$  můžeme vypočítat další parametr pro návrh vodičů. Je to *dovolené proudové zatížení*  $I_{dov}$ , které je dáno podle vztahu:

$$I_{dov} = k_1 * k_2 \dots k_i * I_{nv} \quad (10)$$

kde  $k_1 * k_2 \dots k_i$  jsou přepočítací činitele, které podle způsobu uložení v určitém prostředí snižují zatížitelnost vodiče (lze najít v tabulkových hodnotách ČSN) [7]

Mezi přepočítací činitele řadíme vliv okolní teploty, a to tak, že základní provozní teplota ve vzduchu je pro vodiče s PVC izolací stanovena na 30 °C, což odpovídá přepočítacímu činiteli rovnému 1. Pokud je teplota okolí vyšší, přepočítací činitel je <1, pokud je teplota okolí nižší, přepočítací činitel je >1. Dalšími pro nás důležitými přepočítacími činiteli jsou vliv seskupení vodičů a vliv více vrstev kabelů. [7, 10]

Dovolené proudové zatížení se stanovuje podle nehorších teplotních podmínek na celé trase vedení, pokud je délka tohoto vedení větší než 10 m. Uvažovaná teplota se může zvýšit až o 15 °C, pokud je úsek kratší. Jestliže je ale délka tohoto vedení menší než 2 m, nemusíme vůbec tyto podmínky řešit. [7]

Výpočet průřezu z dovolené provozní teploty je definován podle vztahu:

$$S \geq \frac{I_{dov}}{J} \quad (mm^2) \quad (11)$$

kde  $S$  je potřebný průřez vodiče ( $mm^2$ )  
 $J$  je dovolená proudová hustota pro daný materiál vodiče ( $A \cdot mm^{-2}$ )

Pro dovolenou proudovou hustotu se používají hodnoty:

- 12  $A \cdot mm^{-2}$  pro měděné vodiče
- 8  $A \cdot mm^{-2}$  pro hliníkové vodiče

Reálný zatěžovací proud by měl odpovídat vztahu: [7]

$$I \leq I_{dov} \quad (12)$$

## 6.2 Hospodárný průřez vedení

Tento bod se zabývá ekonomickou stránkou návrhu vodičů. To znamená, že je potřeba vodiče navrhnout tak, aby nebyly zatěžovány větším proudem, než je hospodárná proudová hustota, která je dána materiálem vodiče a jeho způsobem zatěžování. V případě nesplnění této podmínky by docházelo s rostoucím zatěžovacím proudem k poklesu hospodárné proudové hustoty. Výpočet je proveden matematicky. Při návrhu elektroinstalace v této práci se nebudeme tímto bodem zabývat. [7]

## 6.3 Mechanická pevnost vodičů

Vzhledem k možnému mechanickému namáhání při různých provozních situacích mají vodiče pro silnoproudý rozvod definovaný minimální průřez pro napětí do 1 kV. Pro silové a světelné obvody pevné instalace s izolovanými vodiči z mědi je minimální průřez nastaven podle ČSN 33 2000-5.52 ed. 2 na 1,5 mm<sup>2</sup>.

[4, 7]

## 6.4 Úbytek napětí na vodiči

Na každém, proudem zatěžovaném vodiči, vznikají úbytky napětí, a to v závislosti na parametrech vodičů a na velikosti zatěžovacího proudu. Pro spotřebiče je potřeba dodržovat předepsané maximální přípustné odchylky od jmenovitého napětí a jmenovitého kmitočtu. Tyto odchylky jsou předepsané v normě ČSN 33 2000-5-52 ed.2. Přípustný maximální úbytek napětí v instalacích nízkého napětí, napájených přímo z distribuční sítě, nesmí být u osvětlení větší než 3% a u ostatních spotřebičů 5% jmenovité hodnoty napětí  $U_n$ . Co se týče instalací napájených z vlastních zdrojů nízkého napětí, jsou maximální přípustné úbytky napětí u osvětlení stanoveny na 6% a u ostatního užití na 8% jmenovité hodnoty napětí  $U_n$ . [4, 7]

Podle parametrů vodiče a velikosti zatěžovacího proudu můžeme úbytek napětí vyjádřit vztahem:

$$\Delta \hat{U}_f = \hat{Z} * \hat{I} = (R + jX)(I_r \mp jI_j) \quad (13)$$

kde  $U_f$  je fázové napětí  
 $Z$  je podélná impedance vodiče  
 $I$  je komplexní zatěžovací proud  
 $R, X$  jsou parametry vodičů

Horní znaménko odpovídá induktivnímu proudu a spodní znaménko kapacitnímu proudu. [7]

Provedeme-li úpravu rovnice a vezmeme v úvahu, že se pohybujeme v soustavě nízkého napětí, kde má hlavní význam rezistence vodičů, dostaneme následující rovnici pro výpočet úbytku napětí v jednofázové soustavě:

$$\Delta U = \frac{2\rho l}{S} * I \cos\varphi = \frac{2\rho l}{S} * \frac{P}{U_f} \quad (14)$$

nebo v trojfázové soustavě jako:

$$\Delta U = \frac{\rho l}{S} * \sqrt{3} I \cos\varphi = \frac{\rho l}{S} * \frac{P}{U_s} \quad (15)$$

kde  $\rho$  je rezistivita vodiče  
 $l$  je délka vodiče  
 $S$  je průřez vodiče  
 $I$  je proud v jednom vodiči  
 $\cos\varphi$  je účinník  
 $P$  je výkon na vedení  
 $U_f$  je fázové napětí  
 $U_s$  je sdružené napětí

číslo 2 je v rovnici uvedeno, z důvodu zahrnutí celého okruhu vedení (fázový vodič k a od spotřebiče) [7]

Je třeba také vzít v úvahu vliv velkých zařízení, které mohou způsobovat proudové rázy do sítě, a tím ovlivňovat úbytek napětí např. na světelném okruhu. Pokud by se jednalo o významný vliv, je potřeba světelný okruh oddělit od této sítě. [7]

## 6.5 Odolnost vodičů proti účinkům zkratových proudů

V případě zkratu protéká vodičem mnohonásobně větší proud než původní proud jmenovitého zatížení. Tento zkratový proud působí dynamickými a tepelnými účinky na samotné vodiče a konstrukční prvky silového rozvodu. Dynamické účinky jsou charakterizovány působící silou, jež se matematicky a pomocí předem definovaných koeficientů spočítá. Tepelné účinky jsou dány dobou působení zkratového proudu na parametry vodičů. [7]

Při návrhu elektroinstalace v této práci se nebudeme zabývat i tímto bodem a budeme předpokládat dostatečné a rychlé omezení případných zkratových proudů jistíci prvky.



## 7 Elektrické ochrany

V elektrickém silnoproudém rozvodu mohou nastat vlivem procházejícího proudu ve vodičích různé poruchové stavy. Jedná se především o proudy, které jsou větší než proud jmenovitého zatížení. Tyto nadproudy mohou způsobit silové a tepelné namáhání, v závislosti na jejich velikosti a doby trvání. Tepelným a silovým namáháním je myšleno například zničení nebo rychlejší stárnutí izolace, či poškození konstrukčních prvků vedení, případně i okolních zařízení. Také je zvýšeno nebezpečí úrazu elektrickým proudem. [7, 9]

Mezi poruchové stavy řadíme především zkratů a přetížení, dále přepětí a podpětí. Proudové přetížení může vzniknout, jestliže připojíme spotřebiče s nepřiměřeným odběrem proudu nebo při zapojení velkého počtu spotřebičů. Proudové přetížení má z velké části pouze tepelné účinky. Samozřejmě ne všechny proudové přetížení musejí být závažným poruchovým stavem. To ale už neplatí u proudových zkratů, které vznikají v důsledku chybného zapojení nebo spojením dvou částí s různým napětím, mezi nimiž není téměř žádný odpor. Tyto zkratové proudy jsou velice nebezpečné, protože mohou dosahovat až desetinásobku jmenovitého proudu. [7, 8, 9]

Elektrický rozvod proto musíme chránit proti těmto poruchovým stavům pomocí ochranných prvků, jako jsou především pojistky, jističe a nadproudová relé, které odpojí obvod dříve, než dojde k poškození izolací, konstrukčních prvků a okolních zařízení, nebo aspoň minimalizovali následky poruchových stavů. Mezi další ochranné přístroje řadíme proudové a napěťové chrániče. My se zde budeme zabývat pouze pojistkami, jističi a proudovými chrániči. [7, 9]

### Základní parametry elektrických ochran jsou:

- a) Soustava = je soustava, na kterou může být jistící prvek aplikován
- b) Jmenovité napětí a frekvence = jmenovité napětí a frekvence, na které je jistící prvek navržen
- c) Jmenovitý proud = je proud, který jistícím prvkem může stále procházet, aniž by došlo k jeho vypnutí
- d) Vypínací proud = je proud, který jistící prvek dokáže ve stanoveném čase spolehlivě vypnout
- e) Vypínací charakteristika = závislost doby vypnutí na vypínacím proudu

- f) Vypínací schopnost = je nejvyšší proud, který dokáže jistící prvek vypnout, aniž by došlo ke zničení tohoto jistícího prvku
- g) další příslušenství, způsob připojení, atd. [9]

Na činnost elektrických ochran klademe následující požadavky:

a) Spolehlivost

Spolehlivost je požadavek, který klade důraz na rozeznání poruchového stavu, jeho správného vyhodnocení a následného vypnutí či nevypnutí obvodu. To znamená, že pokud dojde k poruše, ochrana nesmí selhat ve vypnutí, ovšem pokud k poruše nedojde, nesmí obvod vypnout. Při navrhování musíme dbát na vnější vlivy, jako jsou například prašnost, agresivita prostředí, otřesy, elektrické a elektromagnetické pole, apod., které mohou ovlivnit spolehlivost elektrické ochrany. [7]

b) Rychlost ochrany

Rychlost ochrany je dalším důležitým požadavkem, tentokrát především u zkratů. Čím rychleji ochrana zapůsobí, tím více jsou omezeny tepelné účinky zkratových proudů. Pokud elektrická ochrana, jako například určité druhy pojistek, dokážou vypnout ještě před dovršením první amplitudy zkratového proudu, výrazně omezují jeho silové účinky. Taková to schopnost se nazývá „Omezující schopnost“. [7]

c) Selektivita

Selektivita je výběrová schopnost ochrany, což znamená, že celkový systém ochrany najde místo poruchy a odpojí co nejmenší část obvodu (ve kterém je porucha). To se zajišťuje postupným řazením elektrických ochran za sebou mezi zdrojem a spotřebičem. A to podle časového odstupňování – čím blíže ke zdroji, tím delší čas vypnutí nebo proudovým odstupňováním – prvek s menším jmenovitým proudem vypíná dříve než prvek s větším jmenovitým proudem. [7]

d) Citlivost ochrany

Citlivost je u elektrických ochran dána jako nejmenší hodnota sledované veličiny, na jejíž změnu už ochrana zapůsobí. [7]

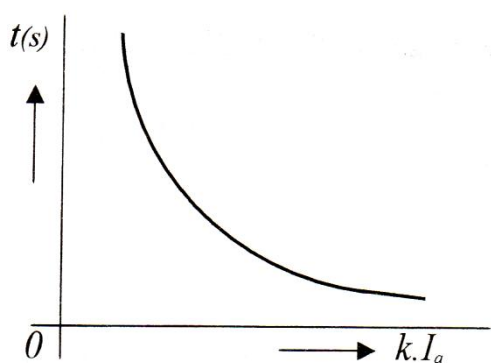
e) Přesnost ochrany

Přesnost elektrické ochrany je vyjádřena jako procentní chyba výše zmíněné citlivosti ochrany. [7]

## 7.1 Pojistky

Pojistky využívají jevu zahřívání vodiče, kterým prochází poruchový proud. Čím větší poruchový proud vodičem prochází, tím je vodič zahřátý rychleji. Pojistka je tedy navržena tak, aby představovala nejslabší místo v rozvodu elektrické energie. To je vyřešeno tavným přesně dimenzovaným a kalibrovaným drátkem či páskem, který se v případě průchodu určitého nadproudu vlivem tepla přeruší (přetaví) a tím odpojí zbývající část obvodu. [7, 10]

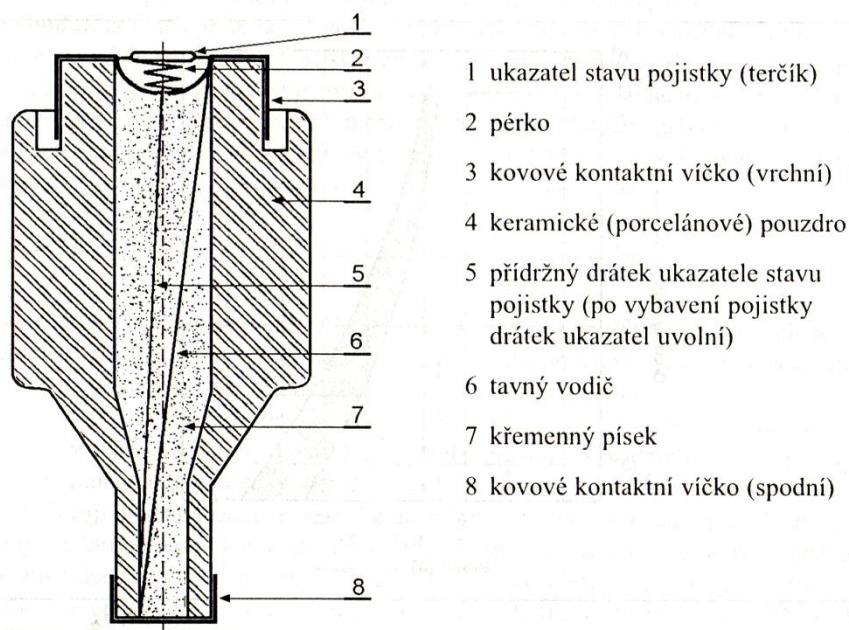
Je tedy zřejmá závislost rychlosti přetavení drátku na velikosti nadproudu. Jestliže bychom toto upravili na závislost časů vypnutí pojistky na velikosti protékajícího nadproudu, dostaneme ampérosekundovou charakteristiku neboli tzv. vypínací charakteristiku pojistek. Vypínací charakteristiku můžeme definovat také jako dobu, po kterou může určitý nadproud určitou dobu působit, než ho pojistka odpojí. Zjednodušená vypínací charakteristika je zobrazena na obrázku níže (Obrázek 2).



Obrázek 2 – Vypínací charakteristika pojistky, Zdroj: [7]

Vypínací charakteristiky pojistek mohou mít různý tvar a podle toho i označení. Skupina „g“ značí pojistky s charakteristikou pro normální (obecné) použití, skupina „a“ zahrnuje pojistky, které musí být doplněny ještě další ochranou. Dále se tyto skupiny rozdělují např. pro motory, polovodiče, atd. [7, 9, 10]

Při již zmíněném přetavení drátku je riziko vzniku elektrického oblouku, které je ale potlačeno konstrukčními prvky. Hlavním takovýmto prvkem je prostředí, ve kterém se tavný drátek v pojistce nachází, a které je schopno tento elektrický oblouk uhasit. Vhodnou látkou pro uhašení je například jemný křemenný písek, jenž vyplňuje právě toto prostředí. Drátek je touto látkou obklopen a při přetavení okamžitě zasype dutinu vzniklou po odtaveném drátku a tím uhasí elektrický oblouk. Obecná konstrukce pojistkové vložky je znázorněna na následujícím obrázku (Obrázek 3). [7]



Obrázek 3 – Konstrukce pojistkové vložky, Zdroj: [10]

Hlavní výhody pojistek jsou jednoduchost a spolehlivost, zaručená vypínací schopnost v širokém rozsahu nadproudů, možnost jemného rozlišení, odolnost proti stárnutí, dobrá stálost vypínacích charakteristik, atd. Důležitou výhodou je také tzv. omezující schopnost, což je vlastnost pojistky odpojit obvod ještě před dosáhnutím maxima poruchového proudu. To je způsobeno velkou rychlostí přetavení drátku vlivem tohoto velkého nadproudu. [7, 10]

Značná nevýhoda pojistek spočívá v nutnosti výměny pojistkové vložky po každém jejím zapůsobení. Tato výměna nesmí být z hlediska bezpečnosti prováděna neodborným pracovníkem. S tím souvisí i dlouhodobý výpadek obvodu po doby výměny. Dalším problémem je přetavení pojistky pouze jedné fáze u trojfázového rozvodu. [7, 10]

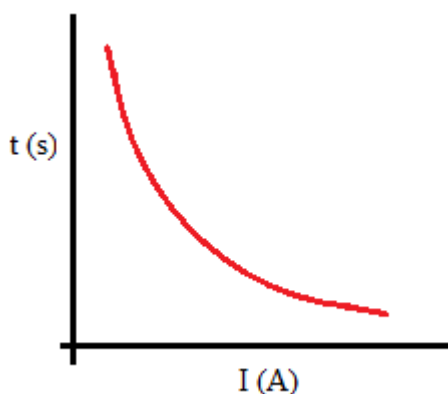
Pojistky můžeme rozdělit podle provedení a účelů, ke kterým jsou určeny. Podle napětí rozlišujeme pojistky nízkonapěťové a vysokonapěťové nebo podle tvaru vypínací charakteristiky na normální (rychlé) a pomalé. Dále pojistky dělíme podle konstrukce a upevnění tavné vložky na pojistky závitové, nožové, pojistky s kontaktními praporce, přístrojové, atd. [7]

## 7.2 Jističe

Další samočinnou nadproudovou ochranou je jistič, který vypíná obvod při přetížení i zkratech a může se po vypnutí opět zapnout. V poslední době nahrazuje ve většině případů pojistky. Jistič má dvě následující spouště: [8]

### a) Tepelná nadproudová spoušť

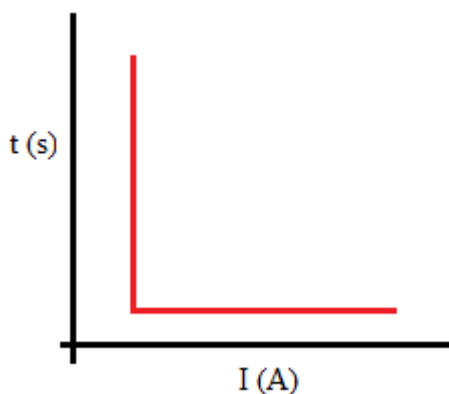
Používá se při menších nadproudech, a tudíž chrání proti přetížení. Je tvořena bimetalem, který se vlivem zahřívání ohne a tím vypne jistič spolu s chráněným obvodem. To proběhne s určitým zpožděním (je časově závislá). Vypínací charakteristika této spouště je tedy podobná vypínací charakteristice pojistky. [7, 8, 10]



Obrázek 4 – Vypínací charakteristika tepelné nadproudové spouště jističe, Zdroj: [7]

### b) Elektromagnetická zkratová spoušť

Působí při větších nadproudech, především zkratech a to okamžitě. Je založena na principu vzniku magnetického pole vzniklého průchodem nadproudu cívkou elektromagnetického vypínače, které přitáhne kotvu vypínače a tím rozpojí chráněný obvod. Charakteristika je tedy časově nezávislá. [7, 8, 10]

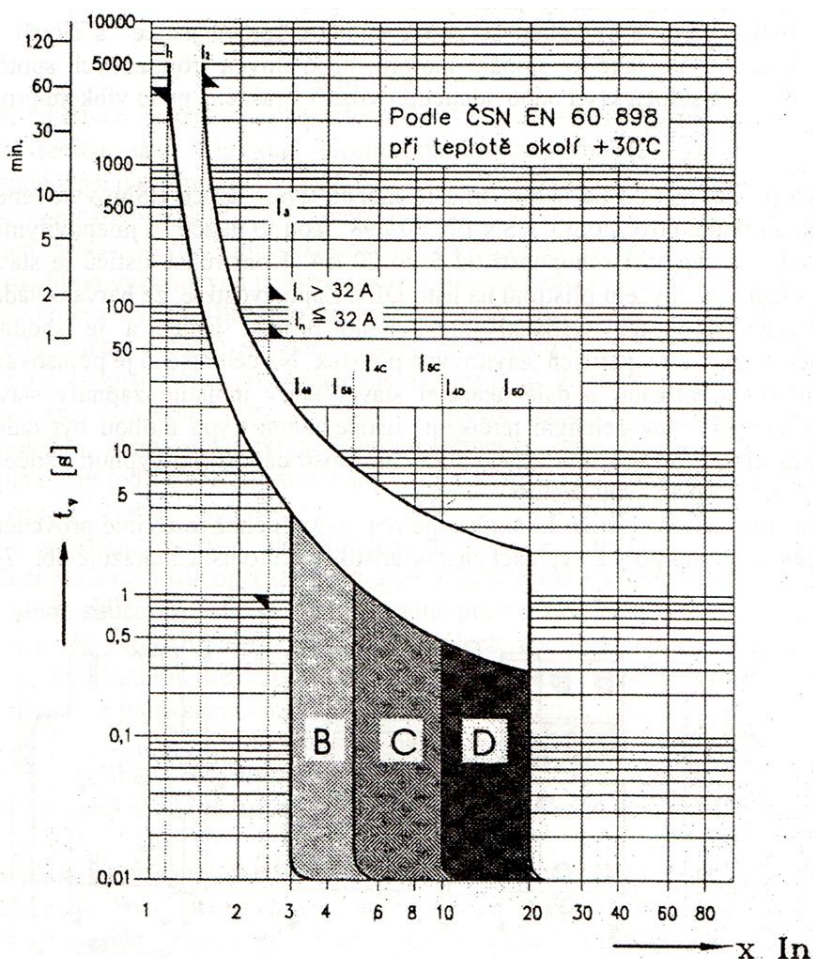


Obrázek 5 – Vypínací charakteristika elektromagnetické zkratové spouště jističe, Zdroj: [7]

Pro lepší pochopení funkce jističů je důležité vědět, jak vypadá obecná konstrukce jističe. Základními prvky jsou již zmíněná tepelná a elektromagnetická spoušť, dále zhášecí komora, pohyblivý a pevný kontakt, pružina, připojovací svorky, ovládací páka a atd. Přibližnou představu si můžeme udělat podle obrázků z přílohy. (Příloha C). [8, 10]

Vypínací charakteristiky jističů složené z tepelné i zkratové spouště se dělí na několik typů. Charakteristika typu B je nejrychlejší a je určena pro zařízení nezpůsobující proudové rázy (jištění vedení), charakteristika typu C se používá pro zařízení způsobující běžné proudové rázy (žárovky, motory), charakteristika typu D je určena pro zařízení s velkými proudovými rázy (motory, transformátory), a další. [8, 9]

Výsledné vypínací charakteristiky vypadají následovně:



Obrázek 6 – Vypínací charakteristiky jističů, Zdroj: [7]

Vypínací dobu tepelné i zkratové spouště určuje velikost nadproudu, který je dán násobkem jmenovitého proudu. Vypínací časy v závislosti na násobku jmenovitého proudu jsou:

*a) Tepelná spoušť pro charakteristiky typu B, C, D*

- pro  $I < 1,13I_n - t > 1 \text{ h} \Rightarrow$  jistič nesmí vypnout
- pro  $I > 1,45I_n - t < 1 \text{ h} \Rightarrow$  jistič musí vypnout

*b) Zkratová spoušť – liší se podle výrobce*

- charakteristika typu B vypíná mezi 3–5  $I_n$
- charakteristika typu C vypíná mezi 5–10  $I_n$
- charakteristika typu D vypíná mezi 10–20  $I_n$  [7, 9]

Základní výhodou jističů je fakt, že se po vypnutí jističe z nějakého důvodu může opět zapnout a stále plní svojí funkci bez jakékoliv výměny nebo opravy, jako je tomu u pojistek. Další výhodou je v možnosti vypínání trojfázových spotřebičů, jelikož jistič je schopen vypnout všechny tři fáze najednou, tudíž nenastává problém jako u pojistek s vypnutím jedné fáze. Třetí důležitou výhodou je, že u dražších jističů je možnost nastavování tepelné a zkratové spouště a tím přizpůsobení vypínací charakteristiky pro daný spotřebič. [7, 10]

Nevýhodou je, že jističe většinou nemají omezovací schopnost, vypínají proud při průchodu nulou. Z toho plyne druhá důležitá nevýhoda, a to menší zkratová odolnost v případě velkých zkratových proudů a výkonů. Proto je nutné v určitých případech doplnit jistič předřazenou pojistkou, která vypne zkratový proud dříve, než se o to jistič pokusí. Třetí nevýhodou je větší složitost mechanismu, což zvyšuje jejich cenu a pravděpodobnost poruchy. [7, 10]

Jističe můžeme podle různých kritérií rozdělit do následujících skupin:

- podle velikosti jmenovitého proudu – jističe drobné, jističe větší
- podle účelu použití – jističe pro vedení, jističe motorové, jističe ochranné
- podle počtu pólů – jednopólové, dvojpólové, třípólové, čtyřpólové
- podle uložení pracovních kontaktů – jističe vzduchové, jističe olejové [7]

### 7.3 Proudové chrániče

Proudové chrániče jsou ochranné přístroje, které doplňují základní ochranu tam, kde je zvýšené riziko nebezpečí úrazu elektrickým proudem, a základní jistící prvky jsou pro tuto ochranu nedostatečné. To znamená, že mohou doplňovat ochranu před nebezpečným dotykem živých částí nebo mohou chránit před nebezpečným dotykovým napětím na neživých částech. Obvod vypínají samočinným odpojením od sítě. Jejich nejdůležitější vlastností je citlivost a velmi krátký vypínací čas. [7, 9]

Proudový chránič se skládá především ze součtového transformátoru, kterým procházejí všechny pracovní vodiče. Pracovními vodiči jsou samozřejmě myšleny fáze L a střední vodič N. Ochranný vodič se nesmí jistit! Součtový transformátor vektorově sčítá okamžité hodnoty proudů a je-li obvod v bezporuchovém stavu, je tento součet vstupních i výstupních proudů roven nule. Tím pádem je v jádře součtového transformátoru nulový magnetický tok. Pokud dojde k takové poruše, že začne docházet k úniku pracovních proudů do země, okamžitý vektorový součet vstupních a výstupních proudů v součtovém transformátoru není roven nule. Rozdíl těchto proudů způsobí vznik magnetického toku v jádře součtového transformátoru, díky němuž se začne indukovat napětí na sekundárním vinutí tohoto transformátoru. To způsobí vybavení diferenciálního relé, které ovládá spínací mechanismus. Tento spínací mechanismus rozpojí všechny pracovní vodiče. Znázornění principu nalezneme v příloze (Příloha D). [7, 9]

Základními parametry tedy jsou:

- reziduální proud – rozdílový proud, který je definován vektorovým součtem proudů, které tečou přes součtový transformátor
- svodový proud – unikající proud, způsobený svody izolace
- vybavovací reziduální proud – proud, který už způsobí rozpojení obvodu proudovým chráničem
- jmenovitý vybavovací reziduální proud – proud, který musí podle stanovených podmínek chránič vypnout
- jmenovitý proud chrániče – maximální proud, který může chráničem trvale protékat
- jmenovité napětí chrániče – napětí, na které je chránič dimenzován [7, 9]



Z principu fungování proudového chrániče si můžeme vysvětlit, proč nemůžeme použít proudový chránič jako základní ochranu. Jak již bylo řečeno, proudový chránič vyhodnocuje poruchu na základě reziduálního proudu, vzniklého vlivem úniku části pracovního proudu do země. Pokud by ale nastala porucha založená na odporovém spojení dvou fází za chráničem, bez spojení se zemí (např. současný dotyk dvou fází rukou člověka), proudový chránič by nezaznamenal žádný reziduální proud, jelikož by zemí žádný proud neunikal. Odporové spojení by pochopil pouze jako připojení spotřebiče a obvod by nechal stále sepnutý. [7]

Dalším problémem je citlivost na velké nadproudy. Proto se musí zajistit, aby proud procházející proudovým chráničem nepřekročil jmenovitou hodnotu proudu jeho kontaktů. To se řeší předřazením pojistky nebo jističe. V dnešní době se ale mohou zakoupit proudové chrániče s již vestavěným jističem. [7, 9]

Z principu fungování a způsobu zapojení můžeme také odvodit základní podmínky pro správné fungování proudového chrániče pro zajištění ochrany nebezpečného dotykového napětí neživých částí:

- neživé části, které chceme chránit, musí být uzemněny
- jak již bylo zmíněno, chráničem musí procházet všechny pracovní vodiče
- chránič musí rozpojit všechny tyto pracovní vodiče
- do chrániče nesmí být zapojen ochranný vodič, z čehož vyplývá, že se střední vodič za chráničem nesmí použít jako ochranný vodič! (při poruše by kromě středního vodiče rozepnul i ochranný vodič)
- musí být pravidelně kontrolován [7]

K dalším výhodám jako je citlivost a rychlost, patří významné snížení požadavků na impedanci uzemnění pro samočinné odpojení. Výpočet impedance uzemňovací smyčky se provádí podle vzorce:

$$Z_s = \frac{U_0}{I_a} \quad (16)$$

kde  $Z_s$  je přípustná hodnota impedance smyčky ( $\Omega$ )

$U_0$  jmenovité střídavé napětí (V)

$I_a$  je proud zajišťující samočinné odpojení (A)

Proudové chrániče můžeme rozdělit:

- a) podle hodnoty jmenovitých vybavovacích proudů
  - základní hodnoty jsou 15mA, 30mA, 100mA, 300mA
- b) podle citlivosti na typ reziduálního proudu
  - AC – všeobecný, obvody se střídavým reziduálním proudem
  - A – pro výskyt pulzujícího stejnosměrného proudu
  - B – střídavý, pulzující stejnosměrný a hladký stejnosměrný proud
- c) podle časového zpoždění
  - bez zpoždění (bez označení)
  - se zpožděním – G (min 10 ms)
    - S (selektivní, min 40 ms) [7, 9]

## **8 Technické podklady pro návrh**

### **8.1 Úvod do projektu**

V projektu je třeba sestavit seznam spotřebičů, ze kterých celý návrh vychází. Definováním jejich výkonových parametrů a požadavků, které jsou na ně kladeny, můžeme stanovit jejich připojení do napájecího systému. Zásadním úkonem je určení vnějších vlivů, které budou v místnosti působit. Dle těchto vlivů se určují další požadavky na ochranu elektroinstalace v závislosti na zařazení místnosti do určitého typu prostor. Zvláštní pozornost je věnována porovnání zajištění jednotlivých požadavků dle ČSN 33 2140 a ČSN 33 2000-7-710. Po zajištění všech potřebných informací o projektu přejdeme k výpočtu a dimenzování napájecích bezpečnostních zdrojů, vodičů a jisticích prvků.

Výstupem je technická dokumentace, která je doplněna technickou zprávou popisující základní informace o celé elektroinstalaci.

### **8.2 Seznam přístrojů**

Seznam přístrojů je vytvořen na základě klasifikace zdravotnického prostoru a vyhlášky č. 92/2012 Sb. Vliv na seznam přístrojů má zároveň zdravotnický personál, který stanovuje další požadavky na místnost a tím pádem i na přístrojové vybavení.

V následující tabulce (Tabulka 2) jsou vypsané zvolené přístroje pro daný návrh elektroinstalace JIP. Seznam je doplněn o jejich výkonové parametry a zařazení přístrojů do tříd napájení a sítě, ze které budou napájeny. Výkonové parametry byly zvoleny jako přibližné, jelikož se v závislosti na výrobci a technickém vybavení přístrojů výrazně liší. Zařazení přístrojů bylo provedeno dle ČSN 33 2000-7-710 a vlastního uvážení.

Tabulka 2 - seznam přístrojů, Zdroj: Autor

Počet	Přístrojové vybavení	Příkon [VA]	cosφ	Třída napájení	Sít'
1	pacientský monitor	120	1	15	IT
2x4	infuzní pumpy, dávkovače	264	1	15	IT
1	defibrilátor	350	0,5	15	IT
1	systém pro chlazení/ohřev pacienta	320	1	15	IT
2	ventilátor	230	0,9	0,5	IT
1	EKG	50	1	15	IT
1	nebulizátor	150	1	15	IT
1	odsávačka	120	0,9	15	IT
1	anesteziologický přístroj	100	0,9	0,5	IT
1	ohřívač roztoků	25	1	15	IT
1	EEG	250	1	15	IT
1	monitor NIRS	120	1	15	IT
1	monitor měření průtoku krve v srdci	120	1	15	IT
2	Lednice na léky	300	0,8	15	TN-S
1	mrazák	300	0,8	15	TN-S
4	PC	130	0,7	> 15, bez	TN-S
4	LCD obrazovky k pc	60	0,5	> 15, bez	TN-S
4	notebook	100	0,5	> 15, bez	TN-S
-	výzkumná zařízení	4000	0,8	15, > 15	TN-S
1	osvětlení únikových cest	10	0,8	15	TN-S
2	svítidlo rozvodna	18	0,8	15	TN-S
18	bezpečnostní svítidla	58	0,8	15	TN-S
7	obyčejná svítidla	58	0,8	bez	TN-S
1	ventilační systém	20	0,75	15	TN-S

### 8.3 Určení vnějších vlivů

Určení vnějších vlivů bylo vytvořeno na základě předpokladů. Při návrhu v určitém prostředí může být samozřejmě působení vnějších vlivů rozdílné.

Tabulka 3 - Určení vnějších vlivů, Zdroj: Autor

dle ČSN 33 2000-5-51 ed.3		
Vnější činitel prostředí	Označení vlivu	Kód
Teplota okolí	AA	AA5
Atmosférické podmínky	AB	AB5
Nadmořská výška	AC	AC1
Výskyt vody	AD	AD1
Výskyt cizích pevných těles	AE	AE1
Výskyt korozivních nebo znečišťujících látek	AF	AF1
Mechanické namáhání	AG	AG1
Vibrace	AH	AH1
Výskyt rostlinstva nebo plísní	AK	AK1
Výskyt živočichů	AL	AL1
Elektromagnetická, elektrostatická nebo ionizující působení	AM	AM1
Intenzita slunečního záření	AN	AN1
Seizmické účinky	AP	AP1
Blesková úroveň a blesková hustota	AQ	AQ1
Pohyb vzduchu	AR	AR1
Vítr	AS	AS1
Využití		
Schopnost osob	BA	BA4
Kontakt osob s potenciálem země	BC	BC3
Podmínky úniku v případě nebezpečí	BD	BD1
Povaha zpracovávaných nebo skladovaných látek	BE	BE3N2
Konstrukce budov		
Stavební materiál	CA	CA1
Provedení (konstrukce budovy)	CB	CB2

#### 8.4 Zařazení místnosti s ohledem na vnější vlivy a určení provozních podmínek

ČSN 33 2000-4-41 ed.2 /Z1 nám vyhodnotila JIP jako prostor nebezpečný, vzhledem k vnějším vlivům BA4 a BC3.

Tabulka 4 - Zařazení místnosti dle vnějších vlivů, Zdroj: Autor

Stupně ochrany dle ČSN 33 2000-4-41 ed.2 /Z1	BA4 - prostory nebezpečné
	BC3 - prostory nebezpečné - požadavek P1 a P2 zahrnující změny dle ČSN 33 2000-7-710

Podle ČSN 33 2140 musí mít jednotka intenzivní péče realizovány požadavky P1, P2, P4 pro přístroje v čl. 6.8., P5, GE, A a pouze doporučuje splnění požadavku P3, E1, E2 a I. ČSN 33 2000-7-710 doporučuje zařazení jednotky intenzivní péče do prostorů skupiny 2, kde by měl být zdroj zajišťující napájení svítidel a život podporujících zdravotnických elektrických přístrojů, s dobou náběhu do 0,5 sekundy, a dále zdroj zajišťující napájení s dobou náběhu do 15 sekund. Požadavky ČSN 33 2140 můžeme aplikovat i pod záštitou ČSN 33 2000-7-710, ale je dobré brát v potaz její doporučená zařazení místnosti do skupiny a třídy, a samozřejmě musíme požadavky upravit podle výše uvedených odlišností mezi oběma normami.

Vzhledem k charakteru místnosti je důležité zajistit co nejvyšší bezpečnost. Z tohoto důvodu splníme i požadavky P3, E1, E2 a I, přičemž při zařazení místnosti do prostorů skupiny 2 normou ČSN 33 2000-7-710 mají být pro tyto místnosti použity bezpečnostní zdroje s dobou náběhu do 0,5 a 15 sekund, což jsou zároveň již zmíněné požadavky E1 a E2 normy ČSN 33 2140.

Tabulka 5 - Zajištění požadavků, Zdroj: Autor

Označení	Požadavek	Zajištění požadavku dle ČSN 33 2140	Zajištění požadavku dle ČSN 33 2000-7-710
P1	Omezení dotykového napětí na bezpečnou hodnotu	Splnění podmínek pro ochranný vodič dle čl. 2	čl. 710.411.3.2.5 a čl. 710.413.1.1.1, případně čl. 710.413.1.6.2 a čl. 710.415.2.2
P2	Celkový odpor vodiče mezi chráněnými částmi přípojnicí ochranného pospojování nesmí být větší než $0,1\Omega$	Provedení ochranného pospojování při splnění požadavku P1	čl. 710.413.1.6 a čl. 710.415.2

P4	Zvýšení ochrany před nebezpečným dotykovým napětím omezením doby nutné k vypnutí pro přístroje v čl. 6.8.	Použití proudových chráničů při splnění požadavků P1 a P2 pro přístroje v čl. 6.8.	čl. 710.411.4 a čl. 710.413.1.3
P5	Zajištění kontinuity dodávky elektrické energie a omezení proudu tělem pacienta při dotyku krajních vodičů s neživými částmi	Provedení zdravotnické izolované soustavy při splnění požadavku P1 a P2 nebo P3	čl. 710.411.6, čl. 710.413.1.5, čl. 710.512.1.1, čl. 710.512.1.6, čl. 710.512.1.101, čl. 710.53.1, čl. 710.531.1.101, čl. 710.55.3 a čl. 710.55.102
GE	Obnovení dodávky elektrické energie pro důležité obvody do 120 s	Instalace hlavního nouzového zdroje elektrické energie	čl. 710.556.5.2 a čl. 710.560.6.104.3
A	Omezení možnosti vzniku výbuchu a požáru a omezení nebezpečných účinků statické elektřiny	Použití elektrostaticky vodivé podlahy, účinná vzduchotechnika a vhodné vzájemné uspořádání elektrických zařízení a rozvodů s plynem	čl. 710.512.2.1
<b>Doporučené požadavky</b>			
P3	Rozdíl potenciálů mezi neživými částmi a přípojnici ochranného pospojování nesmí za normálních podmínek překročit 10 mV	Splnění požadavku P1 a P2, kontrola měřením, okolní vodivé části se připojí k přípojnici pospojování měděným vodičem s minimálním průřezem 10mm <sup>2</sup>	čl. 710.411.3.2.5 a čl. 710.413.1.1.1
E1	Obnovení dodávky elektrické energie pro velmi důležité obvody do 15 s	Instalace speciálního nouzového zdroje elektrické energie	čl. 710.556.5.2 a čl. 710.560.6.104.2
E2	Obnovení dodávky elektrické energie pro velmi důležité obvody do 0,5 s	Instalace speciálního nouzového zdroje elektrické energie	čl. 710.556.5.2 a čl. 710.560.6.104.1
I	Omezení nadměrného rušení elektromagnetickými poli	Vhodné rozmístění elektrických přístrojů a rozvodů (nejlépe dle tab. 1), případně stínění	Příloha C

Tabulka 6 - Rozdíly v zajištění požadavků dle norem, Zdroj: Autor

Označení	Porovnání způsobu zajištění požadavků mezi oběma normami
P1	Splnění podmínek dle ČSN 33 2140 vyhovuje i podmínkám ČSN 33 2000-7-710
P2	Splnění podmínek dle ČSN 33 2140 vyhovuje i podmínkám ČSN 33 2000-7-711
P4	ČSN 33 2000-7-710 přidává další přístroje a to operační stůl a zařízení s nekritickou funkcí. Také požaduje určitý typ proudového chrániče. Kromě těchto výjimek podmínky dle ČSN 33 2140 stále vyhovují podmínkám ČSN 33 2000-7-710.
P5	Zde je ČSN 33 2000-7-710 specifitější. Je nutné, aby u přístrojů z čl. 710.413.1.3 nebyla použita zdravotnická IT síť, dále je specifikována signalizace hlídače izolačního stavu a v neposlední řadě požadavek na monitorování přetížení a vysoké teploty zdravotnických oddělovacích transformátorů. Tyto IT transformátory mají další svá upřesnění podle této normy.
GE	V porovnání můžeme zdroj GE přiřadit k bezpečnostnímu zdroji s dobou naběhu nad 15 s. Je změněn název zdroje a v ČSN 33 2000-7-710 jsou upřesněny podmínky připojení bezpečnostního zdroje a přístroje, které by měli být z tohoto zdroje napájeny.
A	ČSN 33 2000-7-711 upravuje umístění zásuvkových vývodů a vývodů plynů a opatření proti účinkům statické elektřiny pouze doporučuje. Tudíž kromě zmíněné výjimky, podmínky ČSN 33 2140 vyhovují podmínkám ČSN 33 2000-7-711
<b>Doporučené požadavky</b>	
P3	V ČSN 33 2000-7-710 není toto přímo definováno, je zde pouze zmíněno maximální povolené dotykové napětí, tudíž můžeme říci, že tato podmínka vyhovuje podmínkám ČSN 33 2000-7-710.
E1	V porovnání můžeme zdroj E1 přiřadit k bezpečnostnímu zdroji s dobou naběhu do 15 s včetně. Je změněn název zdroje a v ČSN 33 2000-7-710 jsou upřesněny podmínky připojení bezpečnostního zdroje a přístroje, které by měli být z tohoto zdroje napájeny.
E2	V porovnání můžeme zdroj E2 přiřadit k bezpečnostnímu zdroji s dobou naběhu do 0,5 s včetně. Je změněn název zdroje a v ČSN 33 2000-7-710 jsou upřesněny podmínky připojení bezpečnostního zdroje a přístroje, které by měli být z tohoto zdroje napájeny.
I	V ČSN 33 2000-7-710 příloze C jsou doporučené hodnoty vzdáleností spíše přísnější než v ČSN 33 2140 tab.1.



## 8.5 Výpočet a dimenzování napájecích zdrojů

Na JIP je velká pravděpodobnost, že budou všechny přístroje pracovat současně, proto v tomto případě neurčujeme tzv. náročnost  $\beta$ . Výkon napájecích zdrojů tedy spočítáme jako prostý součet jednotlivých příkonů spotřebičů napájených z daného zdroje.

- a) Bezpečnostní zdroj s dobou náběhu do 0,5 s včetně

$$S_1 = \sum S_{0,5} = 230 + 230 + 100 = 560 \text{ VA}$$

- b) Bezpečnostní zdroj s dobou náběhu do 15 s včetně

$$S_2 = \sum S_{0,5} + \sum S_{15} = 7776 \text{ VA}$$

- c) Bezpečnostní zdroj s dobou náběhu nad 15 s

$$S_2 = \sum S_{0,5} + \sum S_{15} + \sum S_{>15} = 10356 \text{ VA}$$

- d) Celkový příkon soustavy

$$S_c = \sum S_{0,5} + \sum S_{15} + \sum S_{>15} + \sum S_o = 11748 \text{ VA}$$

kde  $\sum S_{0,5}$  je součet příkonů spotřebičů napájených z bezpečnostního zdroje s dobou náběhu do 0,5 s včetně

$\sum S_{15}$  je součet příkonů spotřebičů napájených z bezpečnostního zdroje s dobou náběhu do 15 s včetně

$\sum S_{>15}$  je součet příkonů spotřebičů napájených z bezpečnostního zdroje s dobou náběhu nad 15 s

$\sum S_{15}$  je součet příkonů ostatních spotřebičů, které nejsou napájeny z bezpečnostních zdrojů

Tabulka 7 - Dimenzování zdrojů, Zdroj: Autor

Typ zdroje	Vypočítaný příkon [VA]	Příkonová varianta zdroje [VA]
zdroj do 0,5 s	560	1000
zdroj do 15 s	7776	10000
zdroj nad 15	10356	15000
celkový instalovaný příkon soustavy	11748	

Musíme brát v úvahu, že zdroj s náběhem nad 15 s nebude napájet pouze onu místnost, ale minimálně celý jeden objekt, proto skutečný potřebný příkon bude daleko větší.

## 8.6 Jištění a dimenzování vodičů

V první řadě je třeba určit tzv. výpočtový proud daného vodiče podle vzorce (7), jeho způsob uložení, druh izolace a teplotu okolí, ve kterém se bude nacházet.

Budeme uvažovat teplotu okolí pohybující se kolem 30 °C, tím pádem nám odpadá přepočítací činitel vlivu okolní teploty. Jádra vodičů budou z mědi, izolace PVC a způsob uložení ve zdi, tzn. uložení typu C. Také budeme vést vodiče po skupinách, takže musíme uplatnit přepočítací součinitel vlivu seskupení vodičů, ale vzhledem k použití jednofázového vedení nemusíme brát v potaz přepočítací činitel vlivu více vrstev kabelů.

Podle výpočtového proudu si zvolíme vhodný druh jistícího prvku o jmenovitém proudu větším než je výpočtový proud. Tato jmenovitá hodnota jistícího prvku nám v principu udává dovolené proudové zatížení vodiče. Abychom zjistili jmenovitou proudovou zatížitelnost, musíme vzít v potaz přepočítací součinitel vlivu seskupení vodičů dle tabulky C.52.3 normy ČSN 33 2000-5-52 ed.2, kterým vydělíme hodnotu zjištěného dovoleného proudového zatížení. Podle této vypočtené jmenovité proudové zatížitelnosti určíme dle tabulky C.52.2 normy ČSN 33 2000-5-52 ed.2 definovanou jmenovitou proudovou zatížitelnost při daném typu uložení, počtu zatížených vodičů a druhu izolace. Tato hodnota je z již zmiňované tabulky definována jako maximální pro určitý průřez, to znamená, že podle výsledného určení jmenovité proudové zatížitelnosti odečteme z tabulky vhodný průřez.

Pro znázornění si vezmeme například položku ze seznamů přístrojů „výzkumná zařízení“, s příkonem 4 kVA a účinníkem 0,8. Tyto výzkumná zařízení budou mít dva zásuvkové okruhy, tudíž na jeden zásuvkový okruh bude připadat 2 kVA. Výpočtový proud podle vzorce (7) bude:

$$I_{v1} = \frac{S_v * 10^3}{U * \cos\varphi} = \frac{2 * 10^3}{230 * 0,8} = 10,869A \cong 10,9A$$

Jelikož je vhodné mít v dimenzování určitou rezervu, zvolíme jako jistící prvek jistič se jmenovitým proudem 16A, to znamená, že  $I_{dov} = 16A$ . Vzhledem k tomu, že toto vedení bude uloženo současně s devíti dalšími, určíme dle tabulky C.52.3 přepočítací součinitel vlivu seskupení vodičů jako  $k = 0,45$ . Podle vzorce (10) spočítáme jmenovitou proudovou zatížitelnost:

$$I_{nv} = \frac{I_{dov}}{k} = \frac{16}{0,45} = 35,55 A$$

Z tabulky C.52.2 odečteme výslednou jmenovitou proudovou zatížitelnost, která je  $I_{nv} = 36 \text{ A}$ . Protože je ale téměř shodná se jmenovitou proudovou zatížitelností, docházelo by k maximálnímu zatížení a přehřívání vodiče, proto musíme vzít ještě vyšší hodnotu, tzn.  $I_{nv} = 46 \text{ A}$ . Té odpovídá průřez vodiče  $S = 6 \text{ mm}^2$ .

## 9 Závěrečná technická zpráva

### 9.1 Všeobecné údaje

#### Napěťová soustava

TN-C-S, 50Hz, 230/400V AC / IT, 50Hz, 230V AC

#### Náhradní zdroje

UPS s dobou náběhu do 0,5 s včetně

UPS s dobou náběhu do 15 s včetně

Dieselagregát s dobou náběhu nad 15 s

#### Stupně důležitosti dodávky elektrické energie

1. stupeň důležitosti je pro okruhy napájené ze zdroje s dobou náběhu do 0,5 s včetně

1. stupeň důležitosti je pro okruhy napájené ze zdroje s dobou náběhu do 15 s včetně

2. stupeň důležitosti je pro okruhy napájené ze zdroje s dobou náběhu nad 15 s

3. stupeň důležitosti je pro ostatní okruhy

#### Způsob uzemnění

Předpoklad uzemnění je na distribuční rozvod elektrické energie a na hlavní ekvipotenciální přípojnici, která je připojena k centrálnímu uzemnění objektu.

Je provedena i doplňková ochrana vodivým ochranným pospojováním dle ČSN 33 2140, ČSN 33 2000-7-710 a ČSN 33 2000-4-41 ed.2.

#### Ochrana před úrazem elektrickým proudem

Samočinné odpojení od zdroje, doplňková ochrana proudovými chrániči, ochranné pospojování, IT soustava, krytí, izolace

#### Ochrana proti zkratu a přetížení

Ochrana proti zkratu a přetížení je zajištěna pojistkami a jističi s příslušnými charakteristikami dle požadavku vedení a vlastního uvážení.

### Vnější vlivy

JIP byla vyhodnocena jako prostor nebezpečný, vzhledem k vnějším vlivům BA4 a BC3.

Tabulka 8 - Technická zpráva, vnější vlivy, Zdroj: Autor

Stupně ochrany dle ČSN 33 2000-4-41 ed.2 /Z1	BA4 - prostory nebezpečné
	BC3 - prostory nebezpečné - požadavek P1 a P2 zahrnující změny dle ČSN 33 2000-7-710

### Ochrana proti atmosférickému přepětí

Předpokládá se třístupňová ochrana proti přepětí (T1+T2+T3), která bude zajištěná pomocí svodičů přepětí. Na střeše celého objektu je umístěná jímací soustava a třetí stupeň ochrany T3 bude zajištěn v samotných přístrojích, ve kterých se předpokládá zabudování vlastní přepět'ové ochrany.

### Instalovaný příkon zdrojů elektroinstalace

Tabulka 9 - Technická zpráva, dimenzování zdrojů, Zdroj: Autor

Typ zdroje	Vypočítaný příkon [VA]	Příkonová varianta zdroje [VA]
zdroj do 0,5 s	560	1000
zdroj do 15 s	7776	10000
zdroj nad 15	10356	15000
celkový instalovaný příkon soustavy	11748	

## **9.2 Vlastní provedení instalace**

### Připojení objektu na rozvod elektrické energie

JIP je napájena ze samostatného rozváděče R1, který bude napojen na hlavní rozváděč oddělení. Ten bude napojen dvěma kabelovými přípojkami na hlavní rozváděč, jenž je rozdělen na část síťovou a zálohovanou. Hlavní rozváděč oddělení je napájen třífázovým vedením. Mezi jednotlivé fáze jsou podle zátěže co nejrovnoměrněji rozděleny zdravotnické prostory umístěné na oddělení.

Rozváděč R1 bude instalován v blízkosti dané místnosti, ale nebude zasahovat do zdravotnického prostoru. Bude také zajištěn proti zásahu nepovolaných osob.

### Rozvody

Rozvody jsou provedeny pomocí kabelů a vodičů s měděnými jádry příslušných průřezů a počtu žil s PVC izolací. Použity jsou CYKY-J. Kabely a vodiče jsou vedeny vodorovně nebo kolmo k budově a jsou zapuštěny ve zdi.

Veškeré rozvody jsou provedeny s příslušnou odolností na mechanické poškození a působení ohně, a v případných rizikových částech rozvodů budou ošetřeny daným mechanickým chráněním, či konstrukčními prvky s příslušnou třídou reakce na oheň.

### Osvětlení

Intenzita osvětlení je vytvořena dle ČSN EN 12464-1, která stanovuje intenzitu osvětlení na JIP, kde se provádí vyšetřovací a léčebné úkony na 1000 lx. V místě monitoringu pacienta a výzkumných pracích je vytvořeno osvětlení na 500 lx.

Přes 70% svítidel v místnosti je napojeno na bezpečnostní zdroj s dobou náběhu do 15 s, což je v souladu s ČSN 33 2000-7-710, která udává minimálně 50%.

Osvětlení místností je řešeno zářivkami 2x58W s lokálním spínáním světelných obvodů pomocí jednopólového spínače a sériového přepínače.

Je zde zřízeno nouzové únikové osvětlení dle ČSN EN 1838 a bude osvětlovat označení východu zářivkovým svítidlem 1x8W, které bude provedeno pomocí fotoluminiscenční tabulky.

Nouzové osvětlení musí být také v rozváděči místnosti R1, a to je provedeno pomocí zářivkového svítidla 2x18W.

### Ochranný oddělovací transformátor

Ochranný oddělovací transformátor je umístěn v samostatném pouzdře, které zabraňuje dotyku s živými částmi a je umístěn v těsné blízkosti místnosti. Jeho jmenovitý výkon (6 kVA) spadá do rozmezí 0,5-10 kVA definovaný normou ČSN 33 2000-7-710.

### Zásuvkové obvody

Zásuvkové obvody na JIP jsou vytvořeny podle ČSN 33 2140 a ČSN 33 2000-7-710, včetně barevného označení jejich vývodů. To bude následující:

- a) bílé zásuvkové vývody – obvody napájené ze sítě
- b) zelené zásuvkové vývody – obvody napájené z bezpečnostního zdroje s dobou přepnutí nad 15 s, resp. z dieselagregátu
- c) červené zásuvkové vývody – obvody napájené z bezpečnostního zdroje s dobou přepnutí do 15 s včetně
- d) žluté zásuvkové vývody – obvody zdravotnické izolované soustavy napájené z bezpečnostního zdroje s dobou přepnutí do 15 s včetně
  - tyto zásuvky musí mít signalizaci přítomnosti napětí
  - nesmějí být spínatelné
- e) oranžové zásuvkové vývody – obvody zdravotnické izolované soustavy napájené z bezpečnostního zdroje s dobou přepnutí do 0,5s včetně
  - tyto zásuvky musí mít signalizaci přítomnosti napětí
  - nesmějí být spínatelné

Zásuvkové vývody a spínače umístěné níže než vývody zdravotnických plynů, jsou od těchto vývodů vzdáleny alespoň 0,2 m.

### Signalizační panel

V místnosti musí být umístěn signalizační panel, který bude signalizovat stav zdravotnické izolované soustavy pomocí hlídače izolačního stavu (IMD), jehož akustická a optická signalizace je dána ČSN 33 2000-7-710. Dále musí panel signalizovat napájení z bezpečnostních zdrojů. V instalaci jsou barvy kontrollek rozlišeny dle napájecích zdrojů následovně:

- a) silně svítící zelená – síťové napájení
- b) silně svítící žlutá – bezpečnostní zdroj s dobou náběhu do 15 s
- c) silně svítící oranžová – bezpečnostní zdroj s dobou náběhu do 15 s včetně
- d) silně svítící červená – bezpečnostní zdroj s dobou náběhu do 0,5 s včetně

### Další monitoring

Kromě signalizace izolačního stavu, bezpečnostního napájení a zásuvek IT sítě je zajištěno monitorování přetížení a vysoké teploty ochranného oddělovacího transformátoru. Zařízení monitorující tyto hodnoty je součástí hlídače izolačního stavu, který splňuje požadavky normy EN 61557-8 ed.2 a normy EN 61557-9 ed.2.

### Přepínání mezi zdroji napájení

Principiální přepínání mezi bezpečnostními zdroji a sítí je znázorněno pomocí stykačů s podpěťovými relé, která reagují na pokles napětí o více než 10% (tzn. na 90% jmenovité hodnoty). Automatické přepínání je zřízeno tak, že bezpečně odděluje napájecí vedení a každý prvek zpětně přepíná s určitým zpožděním, aby se vyloučilo nežádoucí znovu zapojení při krátkodobých výpadech.

Tato problematika lze vyřešit například záskokovým automatem, vytvořeným na zakázku podle způsobu zapojení celé instalace, nebo pomocí PLC.

### Vzduchotechnika

Centrální vzduchotechnika je zřízena ve strojovně budovy. V instalaci je znázorněna pomocná nucené ventilace ventilátorem se vzdušným výkonem 100 m<sup>3</sup>/h. Místnost má 252 m<sup>3</sup>, takže pomocný ventilátor vymění v místnosti vzduch minimálně jednou za tři hodiny.

### Uzemnění a pospojování

Předpoklad uzemnění je na distribuční rozvod elektrické energie a na hlavní ekvipotenciální přípojnici, která je připojena k centrálnímu uzemnění objektu.

Na JIP je provedeno uzemnění všech zásuvkových vývodů TN-S a IT soustavy a je provedeno pospojování všech neživých částí, které nejsou součástí elektrických zařízení připojených na soustavu TN-S, včetně elektrostaticky vodivé podlahy. Do ochranného pospojování musí být ale zahrnutý mimo jiné konstrukční neživé části elektrických zařízení připojených na IT soustavu. Ochranné uzemnění a pospojování je provedeno dle ČSN 33 2140 a ČSN 33 2000-7-710. Odpor ochranných vodičů nesmí být v místnostech pro lékařské účely skupiny 2 větší než 0,2  $\Omega$  dle ČSN 33 2000-7-710.

Průřezy vodičů ochranného uzemnění v TN-S síti jsou shodné s průřezy fázových vodičů, vzhledem k použití tří-žilového kabelu. Tyto vodiče jsou vedeny do rozváděče místnosti R1 na přípojnici uzemnění PE.



Samostatné uzemnění zásuvek IT sítě je provedeno vodiči, které jsou uloženy ve zdi, ale nejsou chráněny proti mechanickému poškození. Jsou připojeny na svorkovnice pospojování vodičem s průřezem  $4 \text{ mm}^2$ . U každé zásuvky IT sítě je umístěna připojovací svorka pospojování v podobě zásuvky, se dvěma vstupy. Tyto připojovací svorky pospojování jsou spojeny také se svorkovnicemi pospojování vodičem o průřezu  $6 \text{ mm}^2$ . K těmto svorkovnicím jsou vodičem o průřezu  $10 \text{ mm}^2$  připojeny i okolní vodivé části, resp. potrubí medicinálních plynů, lůžko a elektrostaticky vodivá podlaha. Tyto svorkovnice pospojování jsou připojeny k přípojnici ochranného pospojování PA vodičem s průřezem  $16 \text{ mm}^2$ . Ta je provedena ocelovým pozinkovaným páskem  $20 \times 3 \text{ cm}$ . Vodičem o stejném průřezu je tato přípojnice ochranného pospojování PA připojena k přípojnici ochranného uzemnění PE v rozváděči místnosti R1.

Průřez vodiče určeného pro připojení přípojnice ochranného uzemnění PE k hlavní přípojnici ochranného uzemnění je větší než polovina průřezu největšího ochranného vodiče použitého v instalaci. Není ale větší než  $25 \text{ mm}^2$  z mědi.

Vzhledem ke krátkým vzdálenostem vedení v místnosti a dostatečnému průřezu vodičů je splněna podmínka maximálního přípustného odporu ochranných vodičů.

### **9.3 Závěr**

Veškerá elektroinstalace musí být provedena podle platných předpisů a norem ČSN v závislosti na požadavcích a technologických podkladech, a to i v koordinaci s ostatními řemesly, které by se projektu účastnily.

## **10 Technická dokumentace**

Veškerá technická dokumentace, která vykresluje zapojení a schémata navrhované elektroinstalace v místnosti jednotky intenzivní péče je uvedena v přílohách (Přílohy E-J).

Dokumentace byla vytvořena pomocí počítačové podpory projektování elektroinstalací ElProCad a Wils od společnosti ASTRA MS Software s.r.o.

## Seznam použité literatury

- [1] ČSN 33 2140. *Elektrotechnické předpisy. Elektrický rozvod v místnostech pro lékařské účely*. Praha: Český normalizační institut, 1987.
- [2] ČSN 33 2000-7-710. *Elektrické instalace nízkého napětí - Část 7-710: Zařízení jednoúčelová a ve zvláštních objektech - Zdravotnické prostory*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2013, 48 s.
- [3] ČSN 33 2000-4-41 ed. 2 *Elektrické instalace nízkého napětí - Část 4-41: Ochranná opatření pro zajištění bezpečnosti - Ochrana před úrazem elektrickým proudem*. Praha: Český normalizační institut, 2007, 52 s.
- [4] ČSN 33 2000-5-52 ed. 2 *Elektrické instalace nízkého napětí - Část 5-52: Výběr a stavba elektrických zařízení - Elektrická vedení*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2012, 120 s.
- [5] ČSN 33 2000-5-54 ed. 3 *Elektrické instalace nízkého napětí - Část 5-54: Výběr a stavba elektrických zařízení - Uzemnění a ochranné vodiče*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2012, 68 s.
- [6] ČSN EN 12464-1 *Světlo a osvětlení - Osvětlení pracovních prostorů - Část 1: Vnitřní pracovní prostory*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2012, 56 s.
- [7] FENCL, František. *Elektrický rozvod a rozvodná zařízení*. 4. přeprac. vyd. Praha: Česká technika - nakladatelství ČVUT, 2009, 198 s. ISBN 978-80-01-04351-6.
- [8] BASTIAN, Peter. *Praktická elektrotechnika*. 2. upr. vyd. Praha: Europa-Sobotáles, 2006, 303 s. ISBN 80-86706-15-x.

- [9] NOVÁK, Lukáš. *Bezpečnost elektrických zařízení*. 1. vyd. Praha: Česká technika - nakladatelství ČVUT, 2009, 60 s. ISBN 978-80-01-04350-9
  
- [10] KŘÍŽ, Michal. *Dimenzování a jištění elektrických zařízení - tabulky a příklady*. 3., aktualiz. vyd. Praha: IN-EL, 2011, 224 s. Elektro (IN-EL). ISBN 978-80-86230-54-2.
  
- [11] KONEČNÁ, E., A. RICHTER a J. KUBÍN. *Bezpečnost elektrických zařízení ve zdravotnictví*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2011, 65 s. ISBN 978-80-7372-818-2
  
- [12] *Elektro: odborný časopis pro elektrotechniku* [online]. Praha: FCC PUBLIC s. r. o., 2009, roč. 2009, č. 11 [cit. 2014-10-18]. ISSN 1210-0889. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/res/pdf/39875.pdf>
  
- [13] ČESKÁ SPOLEČNOST PRO ZDRAVOTNICKOU TECHNIKU. ŠLÉGR, Zdeněk a Vladimír VEJROSTA. *JEDNOTKY INTENZIVNÍ PÉČE v 21. STOLETÍ – KVALITA, BEZPEČNOST, LEGISLATIVA: Jednotka intenzivní péče – systém a patientské prostředí* [online]. Praha, 15. 10. 2008 [cit. 2014-10-19]. Dostupné z: <http://www.cszt.cz/images/stories/archiv/803/02.pdf>
  
- [14] ČESKÁ SPOLEČNOST PRO ZDRAVOTNICKOU TECHNIKU. MELMEN, Jaroslav. *ELEKTRICKÉ ROZVODY VE ZDRAVOTNICKÝCH PROSTORECH: Elektrický rozvod v místnostech pro lékařské účely podle nové ČSN 33 2000-7-710:2013 v porovnání s ČSN 33 2140* [online]. Praha, 11. 4. 2013 [cit. 2014-10-19]. Dostupné z: <http://www.cszt.cz/images/stories/akce134/2.pdf>
  
- [15] ČESKÁ SPOLEČNOST PRO ZDRAVOTNICKOU TECHNIKU. SMÉKAL, Roman. *ELEKTRICKÉ ROZVODY VE ZDRAVOTNICKÝCH PROSTORECH: Vybraná ochranná opatření a elektrické rozvody pro zdravotnické prostory* [online]. Praha, 11. 4. 2013 [cit. 2014-11-10]. Dostupné z: <http://www.cszt.cz/images/stories/akce134/6.pdf>

- [16] *PORTÁL VEŘEJNÉ SPRÁVY: Vyhláška č. 92/2012 Sb. o požadavcích na minimální technické a věcné vybavení zdravotnických zařízení a kontaktních pracovišť domácí péče* [online]. 2012 [cit. 2015-03-14]. Dostupné z: <http://portal.gov.cz/app/zakony/zakon.jsp?page=0&nr=92~2F2012&rpp=15#seznam>
  
- [17] ČSN EN 1838 *Lighting applications - Emergency lighting*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2014, 20 s.
  
- [18] ČSN 33 2000-5-51 ed.3 *Elektrické instalace nízkého napětí – Část 5-51: Výběr a stavba elektrických zařízení – Všeobecné předpisy*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2010, 60 s.
  
- [19] ČSN 33 2000-4-41 ed.2 ZMĚNA Z1 *Elektrické instalace nízkého napětí - Část 4-41: Ochranná opatření pro zajištění bezpečnosti - Ochrana před úrazem elektrickým proudem*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2010, 8 s.
  
- [20] PLÍVA, Z., J. DRÁBKOVÁ, J. KOPRNICKÝ a L. PETRŽÍLKA. *Metodika zpracování bakalářských a diplomových prací*. 2. upravené vydání. Liberec: Technická univerzita v Liberci, FM, 2014. ISBN 978-80-7494-049-1. Dostupné z: <http://www.fm.tul.cz/files/Jak-psat-BP-DP.pdf>

## **Přílohy**

### **Přiložené CD**

- text bakalářské práce
  - bakalářská\_práce\_2015\_Jakub\_Kašpar.pdf
  - bakalářská\_práce\_2015\_Jakub\_Kašpar.doc
  - kopie\_zadání\_bakalářská\_práce\_2015\_Jakub\_Kašpar.pdf
- technická dokumentace
  - Seznam spotřebičů dle softwaru.xlsx
  - Situační schéma\_půdorys-zásuvkové a světelné okruhy.dwg
  - Situační schéma\_půdorys-zásuvkové a světelné okruhy.pdf
  - Situační schéma\_půdorys-PE+PA.dwg
  - Situační schéma\_půdorys-PE+PA.pdf
  - Schéma rozváděče 1-pólové.dwg
  - Schéma rozváděče 1-pólové - A4.pdf
  - Schéma rozváděče 1-pólové - A3.pdf
  - Ovládání.dwg
  - Ovládání - A4.pdf
  - Ovládání - A3.pdf

## Příloha A

Tabulka 10 - Příloha A, tabulka B1 normy ČSN 33 2000-7-710, Zdroj: [2]

**Tabulka B.1 – Příklady zařazení zdravotnických prostor do skupin a přiřazení tříd důležitých obvodů (vodítka)**

Zdravotnický prostor	Skupina			Třída	
	0	1	2	$\leq 0,5 \text{ s}$	$> 0,5 \text{ s} \leq 15 \text{ s}$
1 Masážní místnost	x	x			x
2 Lůžkový pokoj		x			x
3 Porodní sál		x		x <sup>a</sup>	x
4 ECG, EEG, EHG místnosti		x			x
5 Endoskopie		x <sup>b</sup>		x	x <sup>b</sup>
6 Vyšetřovna nebo ošetřovna		x		x	x
7 Urologie		x <sup>b</sup>		x	x <sup>b</sup>
8 Radiologická diagnostická a terapeutická místnost		x			x
9 Hydroterapie		x			x
10 Fyzioterapie		x			x
11 Anestézie			x	x <sup>a</sup>	x
12 Operační sál			x	x <sup>a</sup>	x
13 Operační přípravná			x	x <sup>a</sup>	x
14 Operační sádrovna			x	x <sup>a</sup>	x
15 Pooperační místnost			x	x <sup>a</sup>	x
16 Katetrizační místnost			x	x <sup>a</sup>	x
17 Místnost intenzivní péče			x	x <sup>a</sup>	x
18 Angiografie			x	x <sup>a</sup>	x
19 Hemodialýza		x			x
20 Magnetická rezonance (MRI)		x	x	x	x
21 Nukleární medicína		x			x
22 Místnost pro nedonošené děti			x	x <sup>a</sup>	x
23 Jednotka intermediální péče			x	x	x
<sup>a</sup> Svítidla a zdravotnické elektrické přístroje podporující životní funkce, která vyžadují obnovení napájení do 0,5 s nebo dříve.					
<sup>b</sup> Prostor nemá charakter operačního sálu.					

## Příloha B

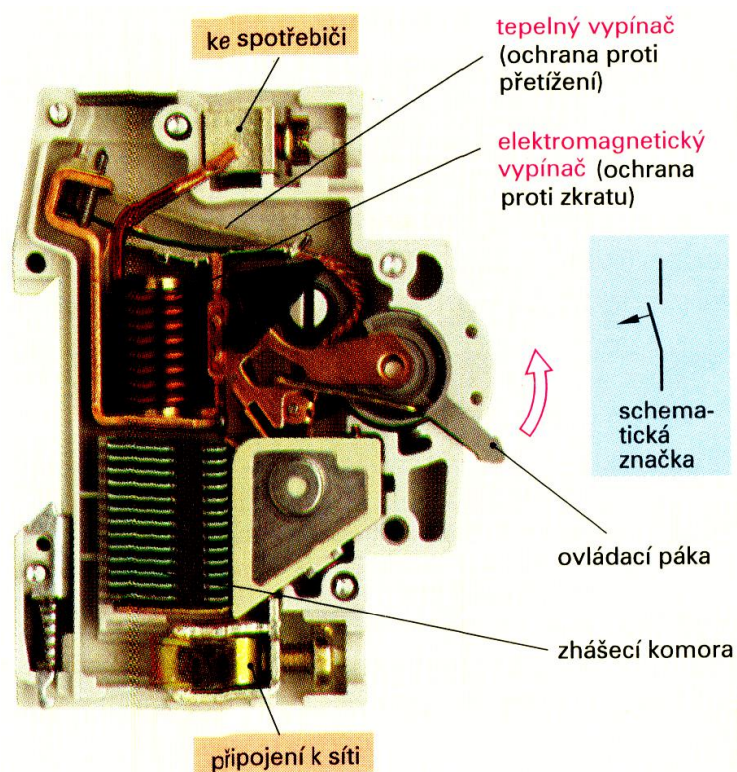
Tabulka 11 - Příloha B, tabulka A1 normy ČSN 33 2000-7-710, Zdroj: [2]

**Tabulka A.1 – Klasifikace důležitých obvodů pro zdravotnické prostory**  
(viz též HD 60364-5-56:2010, 560,4)

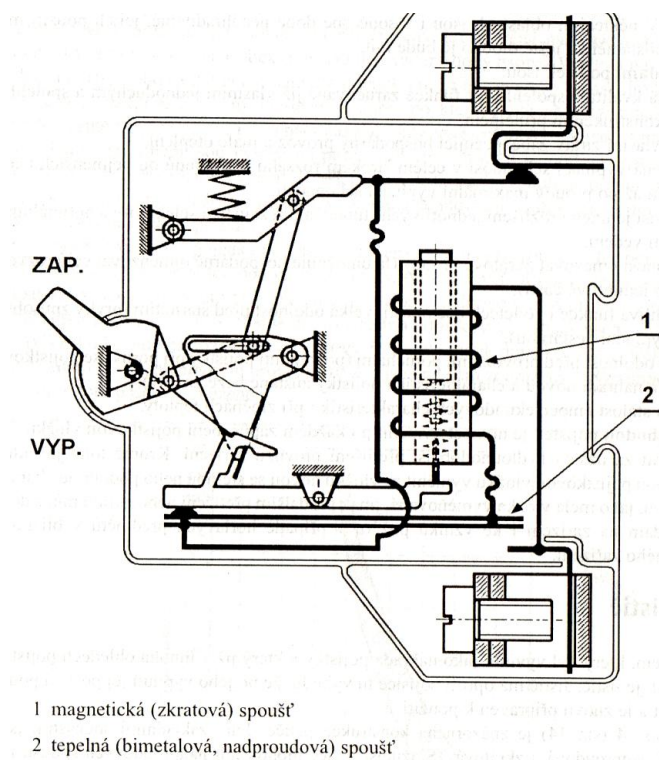
Třída 0 (bez přerušení)	Napájení zajištěno automaticky bez přerušení
Třída 0,15 (velmi krátké přerušení)	Napájení zajištěno automaticky do 0,15 s
Třída 0,5 (krátké přerušení)	Napájení zajištěno automaticky do 0,5 s
Třída 5 (normální přerušení)	Napájení zajištěno automaticky do 5 s
Třída 15 (střední přerušení)	Napájení zajištěno automaticky do 15 s
Třída > 15 (dlouhé přerušení)	Napájení zajištěno automaticky za více než 15 s
<p>POZNÁMKA 1 Obecně je zbytečné poskytovat nepřerušované napájení ME přístrojům. Nicméně mikroprocesorem řízený přístroj může vyžadovat takovéto napájení.</p> <p>POZNÁMKA 2 Klasifikace důležitosti se může pro jednotlivé obvody v místě lišit. V tomto případě je nutno vycházet z nevyššího bezpečnostního požadavku. Lze se orientačně odkázat na přílohu B, obsahující zatřídění zdravotnických prostorů z hlediska bezpečnosti obvodů.</p> <p>POZNÁMKA 3 Výraz „do“ znamená „≤“.</p>	



## Příloha C

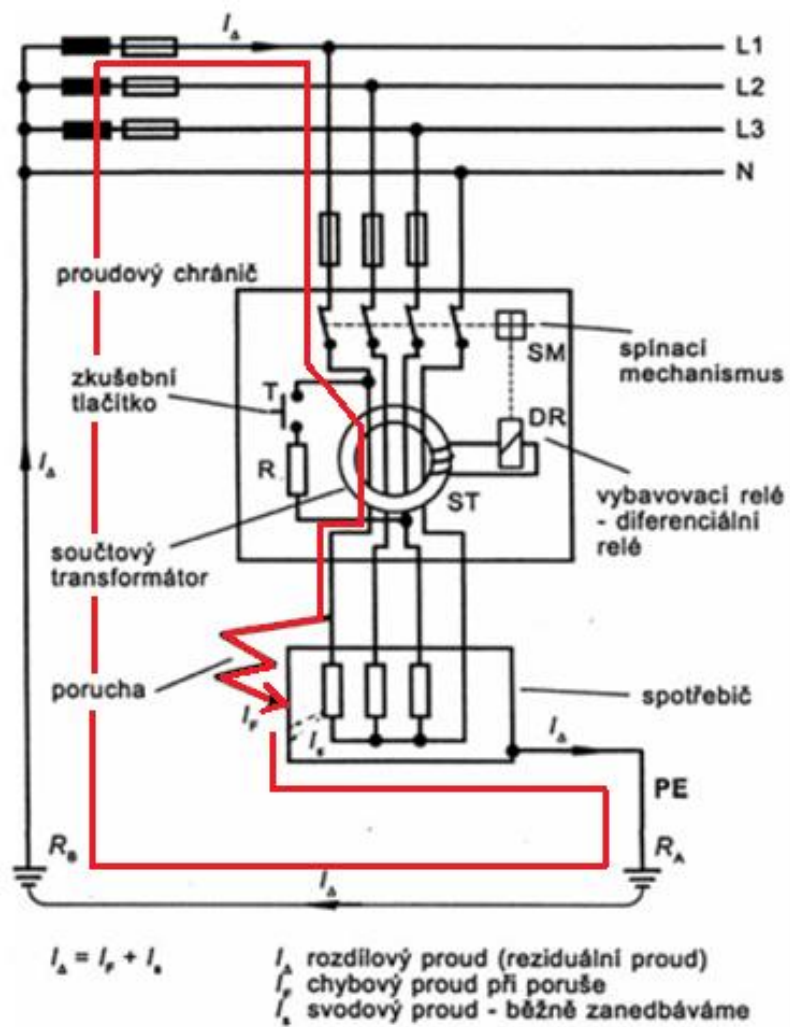


Obrázek 7 - Příloha C, konstrukce jističe, Zdroj: [8]



Obrázek 8 - Příloha C, konstrukce jističe, Zdroj: [10]

## Příloha D



Obrázek 9 - Příloha D, princip proudového chrániče, upraveno, Zdroj: [7]

## Příloha E (Technická dokumentace) – Seznam spotřebičů dle softwaru

Tabulka 12 – Příloha E, seznam spotřebičů dle softwaru

Číslo	Název	Druh	Napětí [V]	Výkon [VA]	Proud [A]	Rozváděč	Délka [m]	Účinník
1	rozdávěč	R1	230			55	50	
2	pacientský monitor	Z	230	120	0,52	1	15	1
3	infuzní pumpa	Z	230	264	1,15	1	15	1
4	infuzní pumpa	Z	230	264	1,15	1	16	1
5	defibrilátor	Z	230	350	3,04	1	16	0,5
6	chlazení/ohřev pacienta	Z	230	320	1,39	1	16	1
7	ventilátor	Z	230	230	1,11	1	10	0,9
8	ventilátor	Z	230	230	1,11	1	9	0,9
9	EKG	Z	230	50	0,22	1	11	1
10	nebulizátor	Z	230	150	0,65	1	18	1
11	odsávačka	Z	230	120	0,58	1	17	0,9
12	anesteziologický přístroj	Z	230	100	0,48	1	9	0,9
13	ohřívač roztoků	Z	230	25	0,11	1	17	1
14	EEG	Z	230	250	1,09	1	18	1
15	monitor NIRS	Z	230	120	0,52	1	12	1
16	monitor průtoku krve	Z	230	120	0,52	1	11	1
17	lednice na léky	Z	230	300	1,63	1	2	0,8
18	lednice na léky	Z	230	300	1,63	1	3	0,8
19	mraznička	Z	230	300	1,63	1	2	0,8
20	PC, LCD, N	Z	230	290	2,10	1	12	0,6
21	PC, LCD, N	Z	230	290	2,10	1	13	0,6
22	PC, LCD, N	Z	230	290	2,10	1	13	0,6
23	PC, LCD, N	Z	230	290	2,10	1	14	0,6
24	výzkumná zařízení	Z	230	2000	10,87	1	14	0,8
25	výzkumná zařízení	Z	230	2000	10,87	1	15	0,8
26	ventilační systém	Z	230	20	0,12	1	8	0,75
27	svítidlo rozvodna	L	230	22,5	0,12	1	6	0,8
28	světelný okruh 1	L	230	348	1,89	1	6	0,8
29	světelný okruh 2	L	230	464	2,52	1	9	0,8
30	bezpeč. svět. okruh 1	L	230	696	3,78	1	13	0,8
31	bezpeč. svět. okruh 2	L	230	696	3,78	1	10	0,8
32	bezpeč. svět. okruh 3	L	230	696	3,78	1	10	0,8
33	únikové svítidlo	L	230	8	0,04	1	16	0,8
34	síť	O	230	11748				
35	zdroj nad 15 s	O	230	10356				
36	zdroj do 15 s	O	230	7776		1		
37	zdroj do 0,5 s	O	230	560		1		

Pozn.: bezpeč. svět. okruh = bezpečnostní světelný okruh

